

Aus dem Institut für Tierernährung
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Brune

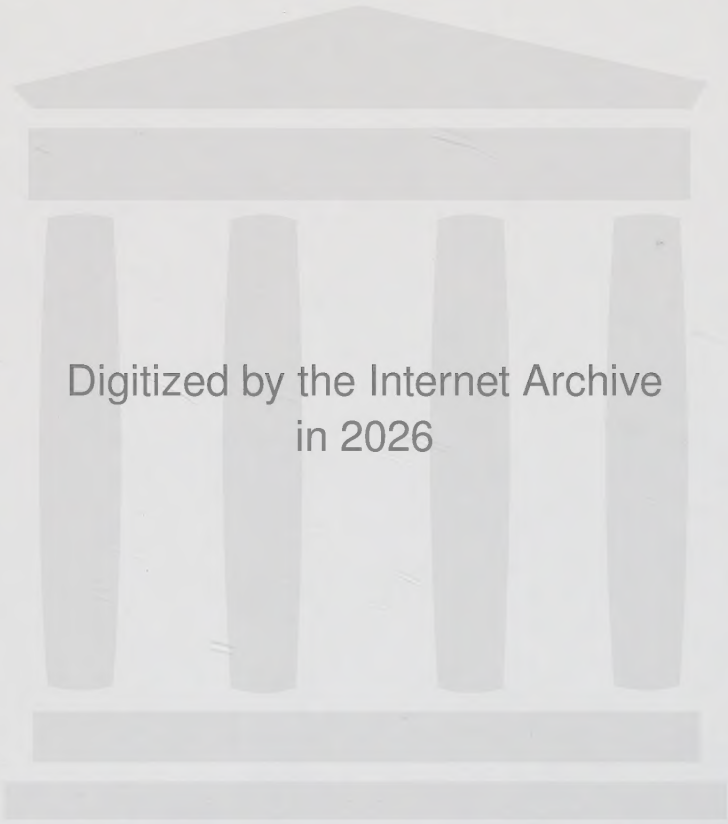
Proteinqualität
von Spinat (Spinacea Oleracea L.)
im Stoffwechselversuch mit der
wachsenden Ratte

(Einfluß von Oxalsäuregehalt und Methioninergänzung)

DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich Ernährungswissenschaften
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Sanae Ando
aus Tokyo — Japan

Gießen 1972



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545921_0054

Aus dem Institut für Tierernährung
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Brune

Proteinqualität
von Spinat (*Spinacea Oleracea* L.)
im Stoffwechselversuch mit der
wachsenden Ratte

(Einfluß von Oxalsäuregehalt und Methioninergänzung)

DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich Ernährungswissenschaften
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Sanae Ando
aus Tokyo — Japan

Gießen 1972



Dekan: Professor Dr. Dr. H. Linser

1. Berichterstatter: Professor Dr. H. Brune

2. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. H. Linser

Tag der mündlichen Prüfung: 19.12.1972

Ü B E R S I C H T

	Seite
1. Einführung	1
2. Literaturübersicht	2
2.1 Zusammensetzung des Spinats	2
2.2 Proteinqualität des Spinats	4
2.3 Ernährungsphysiologische Noxen im Spinat	7
3. Fragestellung	11
4. Versuchsmethodik	12
4.1 Tiermaterial und Haltung der Ver- suchstiere	12
4.2 Versuchsmaterial und Futtermischung	13
4.2.1 Analytik der Spinatvarianten	13
4.2.2 Versuchsrationen	19
4.3 Durchführung des Tierversuches	27
4.4 Aufarbeitung des Untersuchungs- materials	28
4.5 Bewertungsmaßstäbe	29
5. Versuchsergebnisse	31
5.1 Verhalten der Tiere im Stoff- wechselversuch	31
5.2 Die chemisch-analytische Bewertung des Spinatproteins	34
5.3 Die biologische Bewertung des Spinatproteins	36
5.4 Ernährungsphysiologische Bedeutung der Noxe Oxalsäure	44
5.4.1 Oxalsäuregehalt der Spinat- varianten	44
5.4.2 Ausscheidungsverhältnisse	46
5.4.3 Oxalsäure und Mineralstoff- wechsel	46

	Seite
6. Diskussion der Ergebnisse	61
6.1 Einflüsse verschiedener Faktoren auf die chemisch-analytische Pro- teinqualität der Spinatproben	61
6.2 Die Unterschiede der Spinatrationen hinsichtlich der Qualitätsmaßstäbe Wachstum und PER	63
6.3 Die Beeinflussung der N-Verwertung durch die vorgegebenen Spinat- varianten	66
6.4 Einfluß der Noxe Oxalsäure auf die biologische Proteinqualität des Spinats	71
6.4.1 Physiologische Wirkung des Oxalsäuregehaltes	71
6.4.2 Einfluß von N-Düngung, Be- und Verarbeitung des Spinates auf den Oxalsäuregehalt	73
6.4.3 Ausscheidungsverhältnisse	75
6.4.4 Einfluß der Oxalsäure auf den Mineralstoffwechsel	79
7. Zusammenfassung	82
8. Tabellenanhang	86
9. Literaturverzeichnis	92

1. Einführung

Der präzise Versorgungsgrad mit Proteinen in der menschlichen Ernährung ist lediglich durch statistische Angaben des Verbrauchs an Gesamteiweiß und tierischem Eiweiß gekennzeichnet. Es mangelt an Untersuchungen über die Ausnutzbarkeit spezifischer Proteinträger.

Am Beispiel verschiedener Spinatproben, einer Ergänzungs-
eiweißquelle in der Säuglingsernährung, soll im folgenden
diese spezifische Proteinquelle im Tierversuch eingehend
geprüft werden.

2. Literaturübersicht

2.1 Zusammensetzung des Spinats

Der Spinat ist ein bekanntes, für die menschliche Ernährung sehr wichtiges und - besonders im Hinblick auf die Säuglings- und Kleinkindernährung - viel verwendetes Nahrungsmittel.

Er wird wegen seines hohen Mineralstoff- (Ca,P,Fe), Vitamin- (Provitamin A und Vitamin C) und Eiweißgehaltes sehr geschätzt.

Über wichtige Inhaltsstoffe des Spinats unterrichtet Tabelle 1 (SCHUPHAN 1958, 1959).

Tabelle 1: Zusammensetzung des deutschen Spinats
(g/100 g FS⁺) (nach SCHUPHAN 1958/1959)

Trockensubstanz (g)		Mittelwerte 8,7	Grenzwerte 5,9-15,3
Rohprotein	(g)	2,55	1,38-5,38
Reinprotein	(g)	2,03	1,19-4,00
Oxalsäure	(g)	0,80	0,16-1,46
Nitrat- N	(mg)	25	0,22-58,4
Carotin	(mg)	3	0,12-6,52
Ascorbinsäure	(mg)	61	2,4-157
Calcium	(mg)	135	70 - 250
Magnesium	(mg)	63	17 - 130
Phosphor	(mg)	56	28 - 160
Kalium	(mg)	600	172 - 1151
Natrium	(mg)	94	5 - 330
Eisen	(mg)	7	2 - 27
Schwefel	(mg)	62	22 - 120

⁺ FS = Frischsubstanz

Das in dieser Tabelle aufgeführte Zahlenmaterial wurde aus Untersuchungen von etwa 200 - 300 Proben verschiedener Sorten-, Standort- und Düngungsversuche in der Zeit von 1935 - 1958 gewonnen.

Spinat besteht - wie fast alle Gemüsesorten - zum größten Teil aus Wasser. Die Daten für Trockensubstanz (TS) sind vom Erntetermin abhängig. Der Frühjahrsspinat weist Schwankungen zwischen 6 und 8 %, der Herbstspinat zwischen 9 und 12 % TS auf (THIER 1967).

Erhebliche Schwankungen bestehen bei den Vitamingehalten. Vitamin C (2,4-157 mg/100 g Frischsubstanz) und Provitamin A (0,12-6,52mg/100 g FS) sind stark abhängig von der Jahreszeit, Frischegrad und der Be- und Verarbeitung. Sorte, Pflanzenteil und Reifegrad sind außerdem bei der Beurteilung des Provitamin A-Gehaltes zu berücksichtigen.

Von den Mineralstoffen galt Eisen lange Zeit als wertvollster Bestandteil des Spinats, da sein Gehalt jahrzehntelang irrtümlich um das Zehnfache zu hoch angesehen wurde (THIER, 1967).

Der Eisengehalt des Spinats liegt im Durchschnitt bei 7 mg/100 g FS; die Resorptionsquote liegt aber sehr niedrig, d.h. nur ein geringer Teil des Eisens wird aus dem Spinat resorbiert (BRUNE u. DUNKENBERGER 1970).

Neben wertvollen hat der Spinat auch einen erheblichen Teil unerwünschter Inhaltsstoffe, z.B. Nitrat, Oxalsäure und Saponine.

2.2 Proteinqualität des Spinats

Spinat enthält verhältnismäßig viel Eiweiß. Der Gehalt an Rohprotein beträgt durchschnittlich 2,5 %/FS und 29 %/TS. Davon entfallen 80 % auf Reinprotein. Die Qualität des Spinatproteins ist - wie die Aminosäureanalyse beweist - außergewöhnlich hochwertig. Für die biologische Bewertung dieser Verbindungen ist der Gehalt an essentiellen AS maßgebend.

Nimmt man Vollei-Protein als Bezugsprotein, erhält man relativ hohe EAS-Indices (vgl. Tabelle 2), was als Beweis für eine hohe ernährungsphysiologische Qualität des Spinats anzusehen ist.

Tabelle 2: Essentielle Aminosäuren im Spinat (g AS/16 g N)
(nach SCHUPHAN 1958/59)

<u>Essentielle Aminosäuren</u>	<u>Mittelwerte</u>	<u>Extremwerte</u>
Lysin	6,4	3,2 - 9,8
Histidin	2,3	1,5 - 3,4
Arginin	6,2	3,4 - 8,3
Threonin	4,6	3,1 - 6,4
Valin	5,4	3,2 - 6,5
Methionin	1,3	0,1 - 2,9
Isoleucin	7,0	2,6 - 10,3
Leucin	7,2	4,6 - 9,9
Phenylalanin	4,7	2,7 - 9,4
Tryptophan	1,3	0,1 - 1,9
<u>EAS-Index für</u>		
8 EAS	71	46 - 86
10 EAS	75	50 - 89

Tabelle 2 zeigt den Gehalt essentieller AS sowie die EAS-Indices von Spinat aus fast 200 Sorten- Standort und Düngerversuchen (SCHUPHAN, 1958/59).

Mit steigender N-Düngung zeigt Frühjahrsspinat eine deutliche Abnahme der EAS-Indices und des Methioningehaltes (SCHUPHAN 1960). Rohprotein, Reinprotein und eine Reihe von essentiellen Aminosäuren nehmen zu; Histidin und Tryptophangehalt weisen nur geringe oder gar keine Veränderungen auf.

Eine der häufigsten Methoden, die zur Erkennung der limitierenden Aminosäuren angewandt wird, ist das "Bedarfsdeckungsverfahren". Dieses Verfahren beruht auf der Ermittlung der Aminosäurebedarfsnormen der Versuchstiere und den Aminosäuredaten der Angebotsrationen (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Aminosäurebedarfsnorm von Ratten im Vergleich mit Aminosäuregehalt von Vollei und Spinatration

Aminosäuren	g AS/16 g N Vollei	Bedarfsnorm für Ratten (n.MITCHELL) ++	10% Rohprotein des Spinats (s.Tab. 2)
Lysin	6,39	1,0	0,64
Histidin	2,39	0,4	0,23
Arginin	6,57	0,2	0,62
Threonin	4,98	0,5	0,46
Valin	7,44	0,7	0,54
Methionin	3,13	0,6	0,13
Isoleucin	6,65	0,7	0,70
Leucin	8,80	0,8	0,72
Phenylalanin	5,78	0,9	0,47
Tryptophan	1,65	0,2	0,13

+ SOUCI-FACHMANN-KRAUT (1962)

++ NEHRING (1964), (% der Ration)

BLOCK und MITCHELL (1946) empfahlen eine Feststellung des EPV (Eiproteinverhältnis) bzw. MPV (Milchproteinverhältnis). Man geht hierbei von der Zusammensetzung eines als vollwertig anzusehenden Proteins aus (z.B. Vollei- bzw. Milchprotein) und bezieht darauf die Zusammensetzung des Versuchsproteins (vgl. Tabelle 3).

Methionin erweist sich als erste limitierende AS im Spinatprotein (Tab. 3).

FINK u. HEROLD (1957) stellten im Rattenwachstumstest mit Scenedesmus-Algen und Spinat fest, daß die biologische Qualität dieses Pflanzeneiweißes die hochwertigen tierischen Produkte Magermilchpulver und Eiklar erreichen, wenn nicht übertreffen können. Bei pflanzlichem Eiweiß ist aber die Streubreite im Vergleich zu den tierischen Produkten viel größer, da die Kultur- und Umweltbedingungen jeweils schwer konstant zu halten sind.

Nach KIEKEBUSCH u. LANG (1964) ist die biologische Wertigkeit einer Spinat-Casein-Mischung bedeutend geringer als die von Casein allein. Sie nimmt sogar um etwa die Hälfte (57%) ab, wenn 2/3 der Ration durch Spinat-Rohprotein ersetzt sind (65% RP u. 33% Casein). Selbst nach Methionin-Anreicherung wurde die Proteinqualität nicht verbessert.

BRUNE u. DUNKENBERGER (1970) bewiesen ebenfalls in Saugferkelversuchen, daß die N-Verwertung aus spinatergänzter Milchdiät deutlich niedriger ist als bei nichtergänzter Milchdiät (bei gleicher Rohproteinkonzentration). Als Ursache dafür nehmen sie ein Methionindefizit an.

Untersuchungen mit der Spinatsorte "MATADOR" ergaben für die EAS-Indices und den Methioningehalt - bei verschiedener Blattinsertion -, daß in jungen, syntheseaktiven Blättern eine gesteigerte N-Düngung für die biologische Wertigkeit des Eiweißes und die Methioninbildung weitaus günstiger ist als in älteren Blättern. In diesen wurde bei einem übermäßigen N-Angebot ein Rückgang der EAS-Indices und des Methioningehaltes verzeichnet (SCHUPHAN 1961). Der Vegetationszustand und die Düngung können also einen negativen Einfluß auf den Methioningehalt haben.

2.3 Ernährungsphysiologische Noxen im Spinat

Zu den unerwünschten Inhaltsstoffen im Spinat gehören vor allem Oxalsäure und Nitrat.

Hohe Nitratwerte findet man bei den Chenopodiaceen nicht selten, da diese Pflanzen oft mehr Nitrat aus dem Boden aufnehmen, als sie zur Ammoniakstufe reduzieren können (THIER 1967). Nach Zufuhr steigender N-Mengen (Düngung) erhöht sich nicht nur der Ernteertrag, sondern auch der NO_3 -Gehalt (THIER 1967). Einen bedeutenden Einfluß auf das Nitratspeichervermögen des Spinats haben aber auch Standort und Witterung.

Nach SCHUPHAN u. SCHLOTTMANN (1965) enthält Spinat nach N-Gaben um 80-90 kg N/ha nur wenig Nitrat, während N-Überdüngung mit Mengen bis über 300 kg N/ha den Nitratspiegel unnötig erhöht, ohne gleichzeitig eine wesentliche Ertragssteigerung zu erzielen. Durch Kochen oder Blanchieren wird

der NO_3 -Gehalt reduziert. In das Kochwasser gehen dabei 25-60 % des Nitrats über (SIMON et al., 1966; RICHTER u. HANDKE, 1969).

Da der NO_3 -Gehalt also von vielen Faktoren abhängig ist, kann man verstehen, daß weite Streuungen der Analysenwerte gefunden wurden. Die meisten Werte lagen im Bereich zwischen 10 und 40 mg/100 g FS; verschiedentlich wurden Unterschiede zwischen 0,2 und 264 mg/100 g in frischem Spinat nachgewiesen (SCHUPHAN u. SCHLOTTMANN, 1965, SIMON, 1966).

Da Nitrat resorbiert und nach kurzer Zeit im Harn ausgeschieden wird, sollen geringe Mengen im Spinat unbedenklich sein (KUEBLER, 1959). Unter bestimmten Umständen kann aber ein Teil des Nitrats zu toxischem Nitrit reduziert werden, so daß steigende Nitratkonzentrationen kritisch zu werten sind (BRUNE, 1969).

Oxalsäure wird in der Pflanze oft als schwerlösliches Calciumoxalat - seltener als Magnesiumoxalat - und in Form wasserlöslicher Alkalisalze als Kalium- und Natriumoxalat gespeichert (HERMANN, 1967, 1968). Im Spinat kommt überwiegend die lösliche Form vor. Der Oxalsäuregehalt kann mitunter von 0,16 auf 1,5 g/100 g FS ansteigen (BECHER, 1962; HERMANN, 1967, 1968). Beim "NEUSEELÄNDER" Spinat liegt er noch wesentlich höher.

Der Einfluß der Düngung auf den Oxalsäuregehalt wird unterschiedlich beurteilt:

BECKER (1962, 1964) wies nach, daß durch Nitrat-Düngung höhere Oxalsäurewerte als durch Ammoniak-Stickstoffdüngung erzielt werden können.

N-Düngung erhöht und P_2O_5 -Düngung senkt den Gesamt-oxalsäuregehalt (EHRENDORFER, 1966, SCHUPHAN, 1965, MUNK, 1965), während bei hohem Kaliumgehalt die lösliche Oxalsäure erhöht ist (EHRENDORFER, 1964).

Andere Düngungsversuche mit schwefelsaurem Ammoniak zeigten, daß der Gehalt an freier und an Gesamtoxalsäure deutlich abnimmt. Eine Düngung mit Kalisalpete^r liefert dagegen höhere Werte (KNAUER u. SIMON, 1968).

Hinsichtlich des physiologischen Verhaltens im menschlichen und tierischen Organismus nimmt die Oxalsäure unter den anderen organischen Säuren eine Sonderstellung ein.

Da physiologisch wirksames lösliches Oxalat im menschlichen Organismus zum Calciumentzug und zu Vergiftungen führen kann, wenn nicht genügend Calcium mit der Nahrung zugeführt wird, hat man oft diskutiert, wieweit der Genuß von Spinat noch unbedenklich zu vertreten sei und ob er zu gesundheitlichen Störungen führen kann.

Die spezifische Wirkung der löslichen Oxalsäure beruht auf einer allgemeinen Beeinträchtigung der physiologischen Funktionen des Calciums als Folge einer starken Minderung der Ca-Resorption (LOEW; LANG u. RANKE, 1950, beide zitiert bei SCHARRER/JUNG, 1953).

So konnten SCHMIDT-NIELSEN et al. (1944) durch Verfütterung von oxalsäurereichem Spinat an Ratten schwerste Kalkmangelzustände erzeugen. Sie errechneten, daß der Oxalsäuregehalt einer Portion Spinat (250 g/Mahlzeit) beim Erwachsenen ausreichen kann, um den Tagesbedarf an Ca auszufallen. Wird ein Kind mit 100 g Spinat gefüttert, kann

bereits $\frac{1}{5}$ des Gesamt-Ca oder der Ca-Gehalt in etwa 200 g Milch dem Körper entzogen werden. Sie empfehlen, der Spinatzubereitung geeignete Calciumsalze zur Ausfällung der Oxalsäure beizugeben und vor allem beim Kleinkind auf den täglichen Genuß von Spinat zu verzichten.

CLEMENS (1961) zeigte in Versuchen an wachsenden Hennen, daß Störungen im Calciumstoffwechsel und Verfütterung von Spinat als Träger nativer Oxalsäure von der Höhe sowohl des Oxalsäureanteils als auch des Calciumgehaltes in der Ration abhängig sind. Infolge der Wechselwirkung zwischen Calcium- und Phosphorstoffwechsel kann die Oxalsäure über das Calcium sekundär in den Phosphorstoffwechsel eingreifen.

Nach ACKERMANN (1958) ist die toxische Wirkung der Oxalsäure nicht auf die absolute Menge, sondern nur auf das vorhandene Calcium-Oxalat-Absättigungsverhältnis zurückzuführen (lösliche Oxalsäure). So wurde in Rattenversuchen gezeigt, daß eine Zufuhr von 250 mg Kaliumoxalat/Tag - was der dreifachen tödlichen Dosis bei parenteraler Zufuhr entspricht - nur eine geringe Wirkung auf den Calciumstoffwechsel ausübten, wenn eine reichliche Calcium- und Vitamin D-Versorgung bestand (MACKENZIE/McCOLLUM 1937, HERMANN 1967).

SCHUPHAN (1958/59) kam bei seinen umfangreichen Untersuchungen über die Auswirkungen oxalsäurereicher Kost (Spinat, Rhabarber, etc.) auf die menschliche Gesundheit zu dem Ergebnis, daß bei normaler Ernährung bei ausreichendem Calciumgehalt in der täglichen Nahrungsaufnahme es

weder bei Kindern noch bei Erwachsenen zu Kalkmangelzuständen kommen kann. Nach seinen Überlegungen ist die Oxalsäure nur dann als wertmindernder Faktor für Spinat und anderes Gemüse anzusehen, wenn das Gemüse im Übermaß und ohne ausreichende Calciumzufuhr gegeben wird.

3. Fragestellung

In dieser Arbeit soll im Stoffwechselversuch an der Ratte die ernährungsphysiologische Qualität verschiedener Spinatproben untersucht werden. Dabei geht es um die Erfassung der Wechselwirkungen und Ausnutzung von ernährungsphysiologisch relevanten Spinatinhaltsstoffen.

Durch freundliche Unterstützung des Institutes für Pflanzenernährung der Universität Gießen und spezielle Gemüsegärtner konnten handelsübliche Spinatproben aus Frühjahrs- (MATADOR), Sommer- (NEUSEELÄNDER) und Herbstanbau (METADOR und MATADOR) erworben werden.

Die Spinatproben waren sowohl mineralisch (N-Salze) als auch organisch (Hühnerkot) gedüngt. Folglich zeigt der Spinat die gewünschten Unterschiede im Nitrat-, Oxalsäure und Aminosäuregehalt und kann als geeignetes Versuchsmaterial für die angestrebten Tierversuche angesehen werden.

Um den Einfluß des Blanchierens und Lagerns auf die Proteinqualität zu erfassen, soll unblanchierter, blanchierter und tiefgefroren gelagerter Spinat verwendet werden. Zur Klärung der Wirkung unerwünschter Inhaltsstoffe - insbesondere der Oxalsäure - auf die Eiweißqualität werden

Spinatrationen ohne Ergänzung, nach Zusatz von Calcium-Phosphor-Verbindungen und nach Calcium-Phosphor-Methionin-Ergänzung im Tierversuch geprüft. Der Mengenelementstoffwechsel für Ca und P soll dabei gleichzeitig untersucht werden.

4. Versuchsmethodik

4.1 Tiermaterial und Haltung der Versuchstiere

Die Proteinbewertung im Tierversuch erfolgte in Anlehnung an die Vorschläge der im "Arbeitskreis für Proteinbewertung" der Deutschen Forschungsgemeinschaft zusammengeschlossenen Institute (MUELLER 1964).

Als Versuchstiere dienten 21 Tage alte Albinoratten des institutseigenen Zuchtstammes (Stamm HK 51). Das mittlere Körpergewicht betrug 39 g mit einer Schwankung von ± 2 g. Die Versuchstiere wurden in Einzelstoffwechselkäfigen gehalten, die eine Trennung von Kot und Harn ermöglichten (n.BRUNE 1963, BORCHERT 1965).

Der Versuchsraum war voll klimatisiert. Die Temperatur wurde durch einen Thermostaten bei $23^{\circ}\text{C} \pm 1$ konstant gehalten; die relative Luftfeuchtigkeit lag bei 55 ± 5 %. Die indirekte Beleuchtung wurde mit Hilfe einer Schaltuhr von 8 - 19 Uhr und von 1 - 3 Uhr täglich eingeschaltet.

4.2 Versuchsmaterial und Futtermischung

4.2.1 Analytik der Spinatvarianten

Für das Testfutter standen insgesamt 4 Spinatvarianten zur Verfügung, die folgenden Standorten entnommen wurden:

NEUSEELÄNDER (Sommer 1970), Anbaugebiet Oberhessen
(Becker, Endbach)

METADOR (Herbst 1970), Gießener Becken
(Gärtnerei Koch, Gießen)

MATADOR A (Frühjahr 1967) und

MATADOR B (Herbst 1967) aus dem Institut für Pflanzen-
ernährung, Universität Gießen

NEUSEELÄNDER und METADOR waren erntefrisch und wurden blanchiert (Blanchierzeit: 3 min bei 95°C n. RICHTER et al. 1969) und unblanchiert eingesetzt.

MATADOR A und MATADOR B waren als Blattspinat tiefgefroren und 2 bis 2 1/2 Jahre gelagert worden.

Zur Variation der Diät war Gefriertrocknung der Spinat-

Varianten unbedingt erforderlich. Alle Spinatproben wurden in einer instituts-eigenen, selbst zusammenge-stellten Gefriertrocknungs-anlage mit einer Tageska-pazität von ca. 1 kg (Abb.1) getrocknet und anschließend homogenisiert.

Kennzeichnung und Düngung der Spinatproben werden in Ta-belle 4 angegeben.

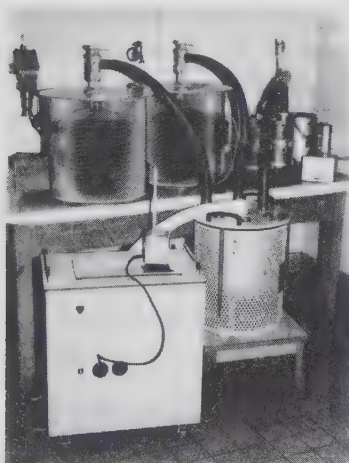


Abb.1: Gefriertrocknungs-
anlage

Tabelle 4: Zusammenstellung der Spinatproben

Bezeichnung	Sorte	Erntezeit	Behandlung	Düngung
NEU fr.	NEUSEELÄNDER	Sommer 1970	frisch	Hühnerkot
NEU bl.	NEUSEELÄNDER	Sommer 1970	blanchiert	"
MET fr.	METADOR	Herbst 1970	frisch	Nitrophos-
MET bl.	METADOR	Herbst 1970	blanchiert	ka blau ² 160 g/m ² u. Kalksalpeter 60 g/m ² = Gesamt-N 285 kg/ha
MAT A gel.	MATADOR	Frühjahr 1967	tiefgefroren gelagert	+
MAT B gel.	MATADOR	Herbst 1967		

⁺ Da auch der Einfluß unterschiedlicher Düngungsmaßnahmen auf den Gehalt des Spinates an qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffen untersucht werden sollte, wurden mehrere Düngungsvarianten ausgewählt. Die Düngung von NEUSEELÄNDER und METADOR ist der Tabelle 4 zu entnehmen. Die Variante MATADOR wurde durch das Institut f. Pflanzenernährung in Gefäßversuchen gewonnen. Nach Angaben des Institutes (Prof. Kühn) lagen folgende Anbauprinzipien zugrunde:

MATADOR A (Frühjahr 1967):

Ahrgefäße mit je 13 kg Boden. Jedes Ahrgefäß enthielt als Grunddüngung für den gesamten Versuch:

1,0 g N als NH_4NO_3
5,76 g KH_2PO_4 (mit 2,0 g K_2O u. 3,0 g P_2O_5)
1,85 g K_2SO_4 (mit 1,0 g K_2O)
1,58 g KCl (mit 1,0 g K_2O)
Zusätzlich 50 mg Borax je Gefäß

Die Aussaat erfolgte am 3.4. 1967. Am 24.4. und 3.5. erhielten die Gefäße als Kopfdüngung je 0,2 g N als NH_4NO_3 . Geerntet wurde am 18.5. beim Auftreten der ersten Blütenstände.

Der Versuchsboden war ein schwach saurer, sandiger Lehm-boden, der mäßig mit Phosphorsäure und Kali versorgt war ($\text{pH} = 5,8$).

MATADOR B (Herbst 1967):

Ebenfalls im Gefäß mit einem fast neutralen, schwach lehmigen Sandboden mit guter Kali-, Phosphorsäure und Magnesium-Versorgung angebaut.

Grunddüngung je Ahrgefäß:

20 g CaCO_3
2 g MgCO_3
3,7 g K_2HPO_4 (= 2,0 g K_2O + 1,5 g P_2O_5)
6,32 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
100 mg Borax

Die Aussaat erfolgte am 24.8.1967. Als Kopfdüngung wurden am 14., 21., 28.9.1967 je Gefäß 0,25 g N als $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ bzw. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ gegeben. Erntedatum: 17.10.1967.

Die wesentlichen analytischen Daten der Spinatproben sind in Tabelle 5 zusammengefaßt.

Tabelle 5: Zusammensetzung der Spinatproben (pro 100 g TS)

Spinatproben		NEU	NEU	MET	MET	MAT A	MAT B
		fr	bl	fr	bl	gel	gel
N	(g)	5,15	5,66	5,72	6,32	5,51	4,79
Rohprotein	"	32,17	35,35	35,75	39,53	34,44	29,95
Reinprotein ⁺	"	24,97	30,52	25,43	30,98	25,24	22,71
Rohfett	"	5,93	7,83	5,53	7,38	5,07	5,43
Rohasche	"	35,78	22,98	31,51	20,44	29,53	29,53
Rohfaser	"	8,20	9,51	8,31	10,45	8,12	8,31
Gesamtoxalsäure	"	12,87	7,86	9,19	4,76	8,66	8,43
lösli. Oxalsäure	"	10,65	5,13	7,44	2,20	6,08	5,06
NO ₃ -N ⁺⁺	"	0,60	0,42	0,77	0,48	0,91	0,55
Calcium	"	0,98	1,30	0,78	1,41	1,15	1,50
Phosphor	"	0,31	0,30	0,66	0,62	0,67	0,73
β-Carotin ⁺⁺⁺	(mg)	21,68	11,46	18,69	13,74	5,61	7,91
Trockensubstanz g			6,92		10,38	6,80	8,30
(pro 100 g Rohspinat)							

⁺Nach ALTEN/RAUTERBERG/KNIPPENBERG (1938)

⁺⁺Nach BALKS/REEKERS (1960)

⁺⁺⁺DUNKENBERGER (unveröffentlicht) modifiziert nach PAPENDIECK (1955)

Das Aminosäuremuster der verschiedenen Spinatproben ist in Tab. 6 und Abb. 2 wiedergegeben.

Tabelle 6: Aminosäuremuster der Spinatproben (g AS/16 g N)

Aminosäure	NEU fr	NEU bl	MET fr	MET bl	MAT A gel	MAT B gel
Lysin	6,28	7,02	4,90	5,49	3,57	3,94
Histidin	2,21	2,52	1,23	1,64	0,78	0,93
Arginin	5,19	5,29	3,08	3,06	2,44	2,77
Asparaginsäure	9,20	10,69	4,20	5,11	4,50	3,01
Threonin	4,72	5,01	1,71	2,20	1,89	1,27
Serin	4,54	4,64	2,04	2,71	2,21	1,50
Glutaminsäure	13,55	13,58	5,62	6,48	5,69	4,34
Prolin	1,40	2,01	3,10	3,29	3,28	3,91
Glycin	5,56	6,08	2,15	2,71	2,29	2,10
Alanin	5,47	6,17	2,15	2,91	2,58	2,44
Valin	5,35	6,20	1,82	2,50	1,97	1,97
Methionin	1,37	1,78	0,25	0,42	0,23	0,50
Isoleucin	3,61	4,21	1,20	1,82	1,28	1,70
Leucin	7,83	8,74	3,61	5,11	3,69	4,31
Tyrosin	Sp.	0,31	Sp.	0,08	Sp.	0,10
Phenylalanin	0,31	0,57	0,08	0,21	0,16	0,23

Zur Aminosäureanalyse wurden 1 g fein gemahlene TS-Spinates mit 200 ml 6 N HCl 22^h lang bei 130°C hydrolysiert. Von dem filtrierten und eingedampften Hydrolysat wurden im Institut für Pflanzenernährung der Justus Liebig-Universität mit einem Aminosäureanalysator (Modell Beckmann-Spinco) das Aminosäuremuster der Spinatproben ermittelt.



Abb. 2 Der Gehalt an ess. Aminosäuren (pro 100 g TS)

4.2.2 Versuchsrationen

Alle Versuchsgruppen erhielten im Hauptversuch Testfutter (mit Ergänzung) und Grundfutter, wie in Tabelle 7 angegeben.

Tabelle 7: Zusammensetzung Futterrationen
(Trockensubstanz in Gewichtsprozent der
Gesamttrockensubstanz)

1. Proteinträger (Spinatvarianteneinsatz bis zu 10 % RP in der Ration)	
2. Saccharose	10 %
3. Mineralstoffe in Reisstärke	2 %
4. Vitamine in Reisstärke	2 %
5. Sonnenblumenöl	5 %
6. Cellulose gepulv. ⁺	4 %
7. Reisstärke (zum Ausgleich von 1.)	ad 100 %

⁺Hersteller Fa. Schleicher u. Schüll, Dassel
(Cellulosepulver Nr. 123)

Der Rohproteingehalt des Testfutters betrug 10 % TS und wurde in allen Versuchsfuttermischungen konstant gehalten. Der Zusatz an Reisstärke war von der Art der Spinatprobe und der Ergänzung abhängig.

Bei der Zusammenstellung der Vitamin- und Mineralstoffmischungen wurde die Zusammensetzung der Spinatproben und der Ergänzungsstoffe berücksichtigt.

Tabelle 8: Zusammensetzung der Vitamin- und Mineralstoffmischungen für die Versuchsrationen.

a. Vitaminmischung
(20 g/kg Futter)

50 mg Vitamin E
1 mg Vitamin K₃
20 mg Vitamin C
10 mg Vitamin B₁ . HCl
50 mg Calciumpantothenat
50 mg Nicotinsäure
2000 mg Cholinchlorid (50%)
2 mg Folsäure
100 mg Inosit
100 mg p-Aminobenzoesäure
30 µg Vitamin B₁₂
200 µg Biotin

ad 20 g Reisstärke

b. Mineralstoffmischung
(20 g/kg Futter)

8,000 g NaCl
0,450 g MnSO₄ . 4 H₂O
0,040 g ZnCO₃
0,0195 g CuSO₄ . 5 H₂O
0,0005 g KJ
0,010 g NaF

ad 20 g Reisstärke

Zur Aufwertung der Spinatproben wurde synthetisches L-Methionin (LAB/MERCK, Darmstadt) in derjenigen Konzentration eingesetzt, die zur Erreichung der von MITCHELL (NEHRING, 1964) angegebenen Bedarfsnorm für Ratten (0,6 % Methionin/Ration) erforderlich war.

Zur Berechnung der für die Methioninergänzung notwendigen Ration müssen die Daten der Aminosäureanalyse berücksichtigt werden.

Tabelle 9 gibt einen Überblick über den Methioninanteil in den diversen Spinatproteinen und den Testrationen. Der fehlende Methioningehalt wurde nach der von MITCHELL angegebenen Bedarfsnorm errechnet. Den nicht mit Methionin

ergänzten Rationen wurde eine äquivalente Menge N in Form von Glycin zugegeben. Diese Aminosäure hat nach den Untersuchungen von DOERR (1968) keinen Einfluß auf die Proteinbewertung.

Wegen des hohen Oxalsäuregehaltes in allen Spinatproben wurde einigen Rationen Calcium und Phosphor zugesetzt. In Tabelle 10 sind der Gesamtoxalsäuregehalt, die Calcium- und Phosphor-Ergänzung und das der Oxalsäure entsprechende, berechnete Calcium-Äquivalent zusammengestellt.

Nach Berücksichtigung der angegebenen Überlegungen ergab sich die in Tabelle 11 wiedergegebene Zusammenstellung der Versuchsrationen.

Tabelle 9: Methioningehalt der verschiedenen Spinatproben

Spinat- proben	Methionin (pro 100g TS-Spinat (g)	⊆ N (g)	i. d. Testration (10 % RP) Spinat Methionin TS (g) (g)	Soll- Methionin ⁺ (g)	Fehlendes Methionin (g)	⊆ N (g)	Glycin ⁺⁺ (g)
NEU. fr.	0,44	0,04	31,08	0,6	0,46	0,043	0,23
NEU. bl.	0,63	0,06	28,29	0,6	0,42	0,039	0,21
MET. fr.	0,09	0,008	27,97	0,6	0,58	0,054	0,29
MET. bl.	0,16	0,015	25,30	0,6	0,56	0,053	0,28
MAT. A. gel.	0,08	0,007	29,04	0,6	0,58	0,054	0,29
MAT. B. gel.	0,15	0,014	33,39	0,6	0,55	0,052	0,28

⁺Nach MITCHELL (NEHRING 1964) (% Methionin/Ration)

⁺⁺1 g Methionin = 0,503 g Glycin

Tabelle 10: Oxalsäure- und Ca-, P-Gehalt der Spinatvarianten und Testrationen

Spinat- proben	Spinat- menge g TS/100g Futter	Gesamt-Oxalsäure		Ca-äqui- valent. zu 3	Ca		P		CaHPO ₄ · 2H ₂ O (zu 8) (g)	Ca CO ₃ (zu 6)- (zu 9) (g)
		g/100g Spinat	g/100g Futter		g/100g Futter	fehlende g/100g Futter	g/100g Futter	fehlende g/100g Futter (Ca:P=2:1)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

NEU.fr. 31,08 12,89 4,00 1,78 0,41 1,37 0,12 0,77 4,26 0,96

NEU.bl. 28,29 7,86 2,22 0,99 0,46 0,53 0,11 0,38 2,13 0,08

MET.fr. 27,97 9,19 2,57 1,14 0,35 0,79 0,22 0,35 1,95 0,84

MET.bl. 25,30 4,76 1,21 0,54 0,52 0,02 0,18 0,09 0,49 -

MAT.A.
gel 29,04 8,66 2,52 1,12 0,43 0,69 0,22 0,34 1,91 0,60

MAT.B.
gel 33,39 8,43 2,82 1,25 0,53 0,72 0,24 0,39 2,18 0,54

Tabelle 11: Zusammenstellung der Versuchsrationen

Versuchs- kennzeichnung	Gesamtprotein im Futter	Versuchsrationen
NEU.fr. rein	10,27 %	31,08 % NEU fr-TS + 0,23 % Glycin
NEU.fr.+Ca, P	10,27 %	31,08 % NEU fr-TS + 0,23 % Glycin + 4,26 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 0,96 % CaCO_3
NEU.fr.+Ca, P, Methionin	10,27 %	31,08 % NEU fr-TS + 0,46 % L-Methionin + 4,26 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 0,96 % CaCO_3
=====		
NEU.bl rein	10,25 %	28,29 % NEU bl-TS + 0,21 % Glycin
NEU.bl+Ca, P	10,25 %	28,29 % NEU bl-TS + 0,21 % Glycin + 2,13 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 0,08 % CaCO_3
NEU.bl+Ca, P Methionin	10,25 %	28,29 % NEU bl-TS + 0,42 % L-Methionin + 2,13 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 0,084 CaCO_3

Versuchs- kennzeichnung	Gesamt-Rohprotein im Futter	Versuchsrationen
MET fr rein	10,31 %	27,97 % MET fr-TS + 0,29 % Glycin
MET fr + Ca, P	10,31 %	27,97 % MET fr-TS + 0,29 % Glycin + 1,95 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 0,84 % CaCO_3
MET fr + Ca, P Methionin	10,31 %	27,97 % MET fr-TS + 0,58 % L-Methionin + 1,95 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 0,84 % CaCO_3
=====		
MET bl rein	10,31 %	25,30 % MET bl-TS + 0,28 % Glycin
MET bl + Ca, P	10,31 %	25,30 % MET bl-TS + 0,28 % Glycin + 0,49 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
MET bl + Ca, P Methionin	10,31 %	25,30 % MET bl-TS + 0,56 % L-Methionin + 0,49 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Versuchs- kennzeichnung	Gesamt-Rohprotein im Futter	Versuchsrationen
MAT A gel rein	10,31 %	29,04 % MAT A gel-TS + 0,29 % Glycin
MAT A gel + Ca, P	10,31 %	29,04 % MAT A gel-TS + 0,29 % Glycin + 1,91 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 0,60 % CaCO_3
MAT A gel + Ca, P Methionin	10,31 %	29,04 % MAT A gel-TS + 0,58 % L-Methionin + 1,91 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 0,60 % CaCO_3

=====

MAT B gel rein	10,31 %	33,39 % MAT B gel-TS + 0,28 % Glycin
MAT B gel + Ca, P	10,31 %	33,39 % MAT B gel-TS + 0,28 % Glycin + 2,18 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 0,54 % CaCO_3
MAT B gel + Ca, P Methionin	10,31 %	33,39 % MAT B gel-TS + 0,55 % L-Methionin + 2,18 % $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 0,54 % CaCO_3

4.3 Durchführung des Tierversuches

Die Tiere wurden gewogen und nach Gewichtsgruppen aufgeteilt.

Nach dem Einsetzen in die Stoffwechselkäfige wurden sie in einer dreitägigen Vorperiode mit einem Vorbereitungsfutter (Aufzucht- und Testfutter im Verhältnis 1:1) an die Versuchsbedingungen gewöhnt.

Am 3. Vormittag wurde den Tieren das Futter und das Tränkwasser entzogen und nach 6-stündiger Hungerzeit - zur Nivellierung des Einflusses von Magen-Darminhalt auf das Körpergewicht - die Ratten erneut gewogen und für die Hauptperiode eingeteilt. Ihrem Gewicht entsprechend wurden die Tiere auf 3 Versuchsgruppen und eine Vergleichsgruppe so verteilt, daß das Gesamtgewicht aller Gruppen einheitlich blieb.

Tiere, die zu schlechter Futteraufnahme und Gewichtsentwicklung neigten, gelangten nicht in die Hauptperiode.

Die Vergleichsgruppe, die zur Ermittlung des Körperstickstoffgehaltes bestimmt war, wurde zu Beginn der Hauptperiode getötet und bei -18°C eingefroren.

Die Hauptperiode erstreckte sich auf einen Zeitraum von 10 Tagen. Die Fütterung der Ratten erfolgte einmal täglich um 9 Uhr. Tränkwasser (aqua dest.) stand ihnen ad libitum zur Verfügung.

Zum Versuchsende wurden die Tiere getötet und bei -18°C eingefroren. Während des Versuchs wurde der Frischkot mehrmals täglich gesammelt, bei -18°C aufbewahrt und gefriergetrocknet; der Harn bis zur Analyse auf Calcium, Phosphor und Oxalsäure im Gefrierraum aufbewahrt.

Zur exakten Berechnung des Futterverzehrs war es erforderlich, die Futterreste sorgfältig einzusammeln.

4.4 Aufarbeitung des Untersuchungsmaterials

Die zur Auswertung des Stoffwechselversuches erforderliche Analytik ist bei BOCK u.a. (1964) und BORCHERT (1965) definiert und ausführlich dargestellt.

Auf eine N-Bestimmung des Harns wurde in dieser Arbeit verzichtet, weil allein von der Versuchstierhaltung her N-Verluste auftraten, die in ähnlicher Form bereits bei BOCK u.a. (1964), MUELLER u.a. (1960) und BORCHERT (1965) beobachtet wurden.

Zur Ermittlung des N-Ansatzes im tierischen Organismus eignet sich nach den bisherigen Erfahrungen die Körper-N-Analyse immer noch am besten.

Körper-N-Analyse

Den etwas angetauten Ratten wurde die Leber herausgenommen, der Körper mit einem scharfen Messer vorzerkleinert, und vor allem Knochen und Zähne mit dem Wiegemesser so fein zerhackt, bis in der Masse keine derartigen Bestandteile mehr sichtbar waren.

Anschließend wurde die Masse in einem Bühler-Homogenisator feinst verteilt und 10 g zur Bestimmung von Trockensubstanz und N-Gehalt (n. Makro-Kjeldahl-Methode) entnommen. Für alle Versuche wurden Parallelbestimmungen durchgeführt.

Der N-Gehalt der homogenisierten Leber konnte nach der Mittel-Makro-Methode n. Kjeldahl ermittelt werden.

Kot-Analyse

Im gefriergetrockneten, gemahlenen Kot wurden Trockensubstanz, N-Gehalt, Calcium, Phosphor und Oxalsäure bestimmt.

Zur Ermittlung der Gesamtoxalsäure wurde das Verfahren von BRUNE (1955) angewandt, das zu guten Parallelwerten führte. Danach wird die Analysensubstanz mit HCl und H₂O auf 100°C erhitzt und nach dem Abkühlen bis zur Erschöpfung im Perforator n. PRAUSNITZ (1939) mit Äther extrahiert. Der Abdampfrückstand der Ätherextraktion wird mit Natriumcarbonatlösung behandelt, und anschließend im schwach essigsäuren Filtrat die Oxalsäure als Ca-Oxalat gefällt. Nach mehrmaliger Umfällung aus heißer Mineralsäure wird die Oxalsäure mit n/10 KMnO₄ titriert.

Die wasserlösliche Oxalsäure wurde nach der Soxhlet-Extraktion mit warmem Wasser aus der vorgequollenen Analysensubstanz und nach Reinigung durch Umfällung ebenfalls titrimetrisch bestimmt.

Die Calcium- und Phosphor-Analyse erfolgte in der Aschelösung nach bekannten Verfahren (LENKEIT/BECKER, 1949) titrimetrisch bzw. kolorimetrisch.

Harn-Analyse

Im Harn wurden Calcium, Phosphor und Oxalsäure nach den gleichen Bestimmungsmethoden analysiert.

4.5 Bewertungsmaßstäbe

Zur Ermittlung der ernährungsphysiologischen Qualität des Spinatproteins wurden folgende Qualitätsmaßstäbe herangezogen:

- a) aufgrund der Aminosäureanalyse
- b) aufgrund des N-Stoffwechselversuches

- Zu a) I. EAS-Index n. OSER (1951)
II. Chemical Score n. BLOCK und MITCHELL (1946)
- Zu b) III. Protein efficiency ratio (PER) n. OSBORNE u.
MENDEL (1919)
IV. Produktiver Proteinwert (PPW)
und N-Ansatz vom N-verdaut

Die chemisch analytische Bewertung erfolgte mit Hilfe des EAS (ess. Aminosäure-Index) aufgrund der AS-Analyse unter Bezugnahme eines als "vollwertig" angenommenen Eiweißes (SOUCI-FACHMANN-KRAUT, 1962) und des Chemical Score n. BLOCK u. MITCHELL (1946).

Die Wirkung der Proteinzufuhr auf das Wachstum wurde als Kriterium für die Proteinqualität angenommen bzw. der PER-Wert ermittelt. Der PER gibt die Gewichtszunahme der Tiere in g je g zugeführten Proteins an (d.h. die Qualität eines Proteins wird als sein "Proteinwirkungsverhältnis" ausgedrückt).

$$\text{PER} = \frac{\text{g Gewichtszunahme}}{\text{g Proteinverzehr}}$$

Auf diese Weise läßt sich der Einfluß der verschiedenen zugeführten Proteine auf das Wachstum junger Tiere feststellen.

Ein weiterer Bewertungsmaßstab, der den N-Ansatz in % vom N-Verzehr wiedergibt, ist der "produktive Proteinwert" (PPW). Dieser Wert kann bei Kleintieren durch direkte Bestimmung des angesetzten N mittels Totalkörperanalyse erfaßt werden.

$$\text{PPW} = \frac{\text{N-Ansatz}}{\text{N-Verzehr}} \cdot 100$$

wobei

$$N\text{-Ansatz (g)} = \left[\frac{\text{TS-Gewicht}}{\text{Testtiere (g)}} \times \frac{\% \text{ Körper-N/TS-Testtiere}}{100} \right] - \left[\frac{\text{TS-Gewicht}}{\text{Kontrolltiere (g)}} \times \frac{\% \text{ Körper-N/TS-Kontrollt.}}{100} \right] \quad (\text{WALZ/FORD})$$

Zusätzlich wurde hier noch der % N-Ansatz vom verdauten N berechnet:

$$\% \text{ N-Ansatz v.N-verd.} = \frac{N\text{-Ansatz}}{N\text{-verd.}} \cdot 100$$

5. Versuchsergebnisse

5.1 Verhalten der Tiere im Stoffwechselversuch

Die 6 verschiedenen Spinatproben wurden mit insgesamt 18 Versuchsgruppen (je 10 Tiere) im Stoffwechselversuch geprüft. 6 Kontrollgruppen mit je 10 Tieren wurden zu Beginn der Hauptperiode getötet.

Die Spinatproben NEUSEELÄNDER, METADOR und MATADOR, die in den in Tabelle 11 dargestellten Testrationen eingesetzt wurden, zeigten im Stoffwechselversuch sehr unterschiedliche Wirkungen auf das Verhalten der Tiere. (Der Einfachheit halber werden im folgenden nur die in Tabelle 4 aufgeführten Bezeichnungen für die verschiedenen Spinatvarianten verwandt).

NEU fr: Diese Variante wurde von allen Tieren am schlechtesten vertragen. Zwischen dem 4. und 7. Versuchstag gingen alle 10 Ratten ein. Selbst nach Calcium-Phosphor- und Methioninergänzung traten noch 4

bzw. 5 Todesfälle auf. Bei den übrigen Tieren wurde Hämaturie beobachtet. Alle Tiere sonderten nur sehr wenig viskosen und schleimigen Harn ab (Tab. 12).

NEU bl: In der Versuchsgruppe ohne Ergänzung gingen am 8. und 9. Versuchstag 3 Ratten ein (s.Tab. 12). Die anderen Gruppen nahmen das Futter relativ gut an, aber nicht mehr als 4 g pro Tag. Alle überlebenden Tiere zeigten wenig Freßlust, erschienen sehr nervös und überreizt und knabberten ständig an den Käfigstangen.

MET fr: Nach Einsatz von MET fr ohne Ergänzung traten ebenfalls Todesfälle und Hämaturie auf (Tab. 12). Die Ratten verhielten sich ähnlich wie bei der Diät mit NEU bl. Die Gruppen mit Ca, P und Methionin-ergänzung überlebten alle.

MET bl: In der dreitägigen Vorperiode fraßen die Ratten dieser Gruppen sehr gut und nahmen zu. Während der Hauptperiode verloren die Tiere infolge geringerer Futteraufnahme etwas an Gewicht. Todesfälle und Hämaturie wurden nicht beobachtet. Der Harn der Versuchsgruppe ohne Calcium-, Phosphor- und Methionin-Ergänzung war schleimig und viskos, während er sich bei den anderen Tieren wieder normalisierte.

MAT A gel: Die meisten Tiere verloren während der Hauptperiode an Gewicht (Tabelle 14), der Harn war viskos, schleimig und sehr dunkel gefärbt.

MAT B gel: Auch in dieser Gruppe überlebten alle Tiere und zeigten - bis auf eine erhebliche Gewichtsabnahme - kein auffälliges Verhalten. Der Harn war genauso verändert wie beim MAT A gel.

Tabelle 12: Anzahl von Todesfällen und Hämaturie der Versuchstiere

<u>Versuchsgruppen</u>	<u>Todesfälle</u>	<u>Hämaturie</u>
NEU fr rein	10	0
NEU fr + Ca, P	4	4
NEU fr + Ca, P, Meth.	5	2
=====		
NEU bl rein	3	4
NEU bl + Ca, P	0	1
NEU bl + Ca, P, Meth.	0	0
=====		
MET fr rein	1	1
MET fr + Ca, P	0	1
MET fr + Ca, P, Meth.	0	0
=====		

Meth. = Methionin

Bei allen Gruppen der Varianten MET bl, MAT A und MAT B keine Ausfälle.

5.2 Chemisch-analytische Bewertung des Spinatproteins

In den folgenden Abschnitten soll vor allem das umfangreiche Zahlenmaterial tabellarisch geordnet wiedergegeben werden. Eine ausführliche und zusammenfassende Auswertung erfolgt in der Diskussion.

N- und AS-Gehalt der Spinatvarianten

Die u n b l a n c h i e r t e n Spinatproben weisen im Rohproteingehalt beachtliche Unterschiede auf. Die Werte liegen zwischen 29,9 und 39,5 g/100 g TS, weichen also um 10 g/100 g TS voneinander ab (vgl. Tab. 5).

Beim B l a n c h i e r e n nahm der Rohproteingehalt zu: beim NEU bl z.B. um 8,9 g und beim MET bl um 10,5 g / 100 g TS.

Der Gehalt an Reinprotein ist bei allen Spinatvarianten einheitlich um ca 23 % niedriger als der Rohproteingehalt. Die Differenzen zwischen blanchiertem und frischem Spinat bleiben auch beim Reinprotein erhalten.

Die unerwünschten Inhaltsstoffe wie Oxalsäure und Nitrat wurden dagegen reduziert: Oxalsäure um 39-48 % und Nitrat um 30-38 %. Erhebliche Unterschiede zwischen NEU und den anderen Sorten zeigen sich auch in den AS-Analysen (vgl. Tab. 8 und Abb. 2).

NEUSEELÄNDER enthält einen höheren Gehalt an Aminosäuren als die übrigen Proben. Auffallend hoch ist die Differenz in den essentiellen Aminosäuren Methionin, Lysin, Threonin und Isoleucin.

Anhand der AS-Analyse konnten die in Tabelle 13 wiedergegebenen Qualitätsmaßstäbe zum Vergleich mit den biologisch

ermittelten Daten berechnet werden.

Dabei wurden zur Berechnung des EAS die 8 Aminosäuren Lysin, Histidin, Arginin, Threonin, Valin, Methionin, Isoleucin und Leucin herangezogen.

Der Chemical Score wurde für die limitierende AS Methionin berechnet.

Tabelle 13: Chemisch-analytische Bewertung der Spinatproben

Spinatproben	EAS-Index (8 AS)	Chemical Score (Methionin)
NEU fr	75,4	43,8
NEU bl	85,0	56,9
MET fr	31,3	8,0
MET bl	41,4	13,4
MAT A gel	28,2	7,3
MAT B gel	32,9	16,0
=====		

Es ist unschwer zu erkennen, daß zwischen den einzelnen Varianten sowohl im EAS-Index als auch im Chemical Score beträchtliche Unterschiede vorliegen. Ursachen und Auswirkungen werden später noch ausführlich diskutiert (vgl. Abschn. 6.1).

5.3 Die biologische Bewertung des Spinatproteins

Da im Stoffwechselversuch mit der Spinatvariante NEU ein großer Teil der Tiere eingingen, konnten zur biologischen Proteinbewertung nur die überlebenden Gruppen herangezogen werden.

In diesen Versuchsgruppen wurden mangels genügendem Analysenmaterial jeweils drei bzw. vier Ratten zusammen analysiert. In Tabelle 14 sind die Gewichtszunahmen, Proteinverzehr und PER aufgeführt.

Protein-Verzehr

Im Protein-Verzehr wurde bei allen Gruppen und Tieren kein wesentlicher Unterschied beobachtet, wie die geringe Streuung aufzeigt. Eine Ausnahme bildete lediglich die Gruppe MAT B gel rein (vgl. Tab. 14 und Abb. 4). Im Vergleich zur Gruppe NEU bl + Ca, P, Meth. mit höchstem Proteinverzehr war hier die Protein-Aufnahme um 44 % niedriger.

Gewichtszunahme

Gewichtszu- und -abnahme verliefen sowohl innerhalb als auch zwischen den einzelnen Gruppen recht unterschiedlich. Die hohen Streuungen deuten an, daß die Tiere stark individuell auf die Diätformen reagierten. So nahmen die Versuchstiere, die mit blanchiertem Spinat gefüttert wurden, bedeutend besser zu als bei unblanchiertem Spinat. Obwohl der Protein-Verzehr bei den Gruppen "MET fr + Ca, P, Meth.-Ergänzung" und "MET bl rein" etwa gleich war, zeigte die Gewichtszunahme des blanchierten, nicht ergänzten Spinats eine fast vierfache Verbesserung (0,66 g → 2,64 g).

Tabelle 14: Durchschnittlicher Proteinverzehr, Gewichtszunahme und PER ($\bar{x}$, n = 10, Versuchsdauer: 10 Tage)

Versuchs- gruppen	Protein-Verzehr g			Gewichtszunahme g		PER	
NEU bl. + Ca, P	3,89	s $\pm$	0,47	1,11	s $\pm$ 1,47	0,26	s $\pm$ 0,38
NEU bl. + Ca,P,Meth.	4,27	s $\pm$	0,38	6,09	s $\pm$ 2,34	1,42	s $\pm$ 0,55
MET fr. + Ca, P	3,36	s $\pm$	0,34	0,15	s $\pm$ 1,65	0,00	s $\pm$ 0,50
MET fr. + Ca,P,Meth.	3,61	s $\pm$	0,29	0,66	s $\pm$ 2,75	0,18	s $\pm$ 0,78
MET bl. rein	3,67	s $\pm$	0,28	2,64	s $\pm$ 2,51	0,69	s $\pm$ 0,68
MET bl. + Ca, P	3,95	s $\pm$	0,48	2,83	s $\pm$ 2,84	0,66	s $\pm$ 0,70
MET bl. + Ca,P,Meth.	3,76	s $\pm$	0,41	1,97	s $\pm$ 4,00	0,44	s $\pm$ 1,06
MAT A gel. rein	3,06	s $\pm$	0,33	1,89	s $\pm$ 2,00	-0,66	s $\pm$ 0,70
MAT A gel. + Ca, P	3,52	s $\pm$	0,57	-1,40	s $\pm$ 4,46	-0,59	s $\pm$ 1,58
MAT A gel. + Ca,P,Meth.	3,75	s $\pm$	0,76	-0,93	s $\pm$ 5,02	0,06	s $\pm$ 1,33
MAT B gel. rein	2,39	s $\pm$	0,51	-6,36	s $\pm$ 3,54	-2,92	s $\pm$ 1,99
MAT B gel. + Ca, P	3,15	s $\pm$	0,42	-1,35	s $\pm$ 3,52	-0,52	s $\pm$ 1,14
MAT B gel. + Ca,P,Meth.	3,28	s $\pm$	0,50	-1,58	s $\pm$ 3,23	-0,69	s $\pm$ 0,98

Einige Versuchsgruppen konnten wegen der Todesfälle nicht ausgewertet werden.

Aber auch innerhalb der blanchierten Spinatproben wurden signifikante Abweichungen in der Gewichtszunahme beobachtet. So nahmen die Tiere nach MET bl. + Ca, P-Zufuhr besser zu als nach NEU bl. + Ca, P-Diät. Unter gleichen Bedingungen ist der blanchierte MET-Spinat qualitätsmäßig besser zu beurteilen als der NEUSEELÄNDER. Dennoch wurde bei dieser Spinatprobe nach Methioninergänzung die höchste Gewichtszunahme verzeichnet.

Da die einzelnen Tiere der Gruppe MET bl. + Ca, P, Meth. auf diese Diät sehr unterschiedlich reagierten und die Streuung beachtlich war, ist die durchschnittliche, leichte Gewichtsabnahme dieser Gruppe statistisch nicht gesichert und damit nicht zu beurteilen.

Die Tiere aus den Gruppen der gelagerten Spinatsorten MAT A und MAT B verhalten sich in der Gewichtszunahme sämtlich negativ. Die Werte konnten durch Calcium-, Phosphor- und Methioninzufuhr etwas angehoben werden, von einer deutlichen Verbesserung der Gewichtszunahmen kann aber keine Rede sein (vgl. Tab. 14).

PER

Wie aus der graphischen Darstellung ersichtlich ist (Abb.4), verhalten sich die Werte für PER ähnlich wie die Gewichtszunahmen. Auch hier errechnen sich die hohen Streuungswerte aus den teilweise positiven, teilweise negativen Gewichtsveränderungen der Versuchstiere.

Die besten Ergebnisse liefern wieder die blanchierten Spinatvarianten, allen voraus der NEU bl mit Ca-, P- und Methioninergänzung.

Die PER-Werte der gelagerten Spinatsorten waren negativ. Deutlich verbessert wurden der PER in der Gruppe MAT a gel nach Methioninzulage und in der Gruppe MAT B gel nach Ca-, P-Ergänzung.

N-Ansatz in Leber und Gesamtkörper

Die Ergebnisse der N-Körperanalyse von Versuchs- und Kontrolltieren sowie des N-Ansatzes während der Versuchsperiode sind in Tabelle 15 und 16 zusammengestellt. Es zeigt sich, daß der prozentuale N-Gehalt/TS in der Leber bei allen Gruppen nahezu unverändert bleibt. Mit Ausnahme der Kontrolltiere und der Gruppen mit METADOR, unblanchiert und blanchiert ohne Ergänzung gilt das gleiche für den prozentualen N-Gehalt/TS des Gesamtkörpers. In der Leber schwankt der absolute N-Gehalt infolge der unterschiedlichen TS-Gehalte erheblich (0,057 → 0,105). Hohe Schwankungen errechnen sich für den N-Ansatz im Körper der Versuchstiere.

In den Versuchsgruppen mit NEU bl, MET fr und MET bl zeigt sich ein deutlich positiver Ansatz, der zudem noch auf die Ergänzungen unterschiedlich reagiert.

Beim gelagerten Spinat dagegen waren bis auf die Gruppen MAT A gel mit Ca-, P- und Ca-, P-, Meth.-Zulage stark voneinander abweichende negative Bilanzen zu verzeichnen (Schwankungsbreite: -8 bis -143 mg N).

Durch Calcium- und Phosphor-Ergänzung konnten beachtliche Verbesserungen im Gesamt-Körper-N-Ansatz erzielt werden, die durch Methionin-Zulage nochmals beträchtlich gesteigert werden konnten. Eine Ausnahme machte wieder die Gruppe MET bl + Ca, P, Meth.

Die Sorten MAT A gel und MAT B gel reagierten ebenfalls deutlich positiv auf Mineralsalz- und Methioninergänzung; MAT A gel konnte sogar aus der negativen Bilanz herausgebracht werden.

Tabelle 15: TS-Gewicht und N-Gehalt in Leber und Gesamt-Körper
($\bar{x}$, n = 10, Versuchsdauer: 10 Tage)

Gruppen	Leber			Körper ohne Leber				Gesamt-Körper		
	%N/TS	Gewicht	N	%N/TS	Gewicht	N		Gewicht	N	
		TS g	g		TS g	g		TS g	g	
Kontrolle	11,90	0,48	0,057	10,32	11,22	1,158		11,70		1,215
NEU bl.+Ca, P	12,46	0,65	0,081	11,14	11,09	1,235		11,74		1,316
NEU bl.+Ca,P,Meth.	12,03	0,74	0,089	11,08	11,69	1,295		12,43		1,384
Kontrolle	11,77	0,59	0,069	9,52	12,01	1,143		12,60		1,212
MET fr.+ Ca, P	12,69	0,75	0,095	7,72	15,41	1,190		16,16		1,285
MET fr.+Ca,P,Meth.	12,93	0,81	0,105	9,85	12,94	1,294		13,75		1,380
Kontrolle	11,72	0,61	0,071	9,62	12,39	1,192		13,00		1,263
MET bl. rein	12,97	0,68	0,088	9,21	14,39	1,325		15,07		1,413
MET bl.+ Ca, P	12,46	0,70	0,087	11,59	12,31	1,427		13,01		1,514
MET bl.+Ca,P,Meth.	12,33	0,75	0,092	11,73	11,79	1,383		12,54		1,475
Kontrolle	12,01	0,65	0,078	10,14	12,49	1,266		13,14		1,344
MAT A gel. rein	12,23	0,75	0,092	11,80	10,54	1,244		11,29		1,336
MAT A gel.+Ca, P	11,97	0,71	0,085	12,10	10,94	1,324		11,65		1,409
MAT A gel.+ Ca,P,Meth.	11,93	0,76	0,091	11,76	11,67	1,372		12,43		1,463
Kontrolle	11,28	0,64	0,072	10,24	12,16	1,257		12,80		1,329
MAT B gel. rein	11,93	0,62	0,074	12,19	9,12	1,112		9,74		1,186
MAT B gel.+ C, P	12,30	0,82	0,101	11,94	10,00	1,194		10,82		1,295
MAT B gel.+Ca,P,Meth.	12,70	0,76	0,097	11,91	10,25	1,221		11,01		1,318

Einige Versuchsgruppen wurden wegen der Todesfälle nicht ausgewertet.

Tabelle 16: N-Ansatz in Leber und Körper

($\bar{x}$, n = 10, Versuchsdauer: 10 Tage

Versuchsgruppen	Leber	Körper ohne	Gesamt-Körper
	mg N	Leber mg N	mg N
NEU bl.+ Ca, P	24	77	101
NEU bl. + Ca, P, Meth.	32	137	169
MET fr. + Ca, P	26	47	73
MET fr. + Ca, P, Meth.	36	151	158
MET bl. rein	17	133	150
MET bl. + Ca, P	16	235	251
MET bl. + Ca, P, Meth.	21	191	212
MAT A gel. rein	14	- 22	- 8
MAT A gel. + Ca, P	7	58	65
MAT A gel. + Ca, P, Meth.	13	106	119
MAT B gel. rein	2	- 145	- 143
MAT B gel. + Ca, P	29	- 63	- 34
MAT B gel. + Ca, P, Meth.	25	- 36	- 11

Einige Versuchsgruppen wurden wegen der Todesfälle nicht ausgewertet.

Die Werte für N-Verdaulichkeit, % N-Ansatz, PPW sind in Tabelle 17 zusammengefaßt.

N-Verdaulichkeit

Innerhalb der einzelnen Versuchsgruppen ergeben sich in der N-Verdaulichkeit keine bedeutenden Unterschiede. Gut verdaulich ist der blanchierte MET mit und ohne Ergänzung. Den höchsten Wert (76,3 %) finden wir in der Gruppe MAT A gel mit Ca, P und Methioninergänzung; den niedrigsten Wert bei NEU bl mit Ca-, P- und Methioninergänzung, so daß die Methioninergänzung allein keinen wesentlichen Einfluß auf die Verdaulichkeit zu haben scheint.

Eine Ausnahme bildet wieder der gelagerte MAT A und MAT B. Im Vergleich zu reinem Spinat bedeutet die Methioninzulage eine Verbesserung von etwa 8-9 %; verglichen mit den Ca-, P-ergänzten Proben ist hier die Zunahme der Verdaulichkeit nur unbedeutend.

PPW und %N-Ansatz von N-verdaut

Da die N-Verdaulichkeit und der N-Verzehr keine größeren Variationen aufweisen, der Ansatz jedoch erheblich schwankt, zeigen die in Tabelle 17 erfaßten PPW- und N-Ansatz v. N-verd.-Werte enge Beziehungen.

Die Daten sind aber stark abhängig von der Sorte, der Bearbeitungsmethode und den entsprechenden Ergänzungen.

Qualitätsvermindernd erwiesen sich wieder die gelagerten Spinatvarianten, wobei die Sorte MAT B deutlich schlechter als MAT A abschneidet. Allerdings wirkten sich die Calcium-Phosphor-Zulagen qualitätsverbessernd aus.

Gute Ergebnisse sind beim MET bl zu verzeichnen, besonders nach Calcium-Phosphor-Ergänzung. Bei fast allen Proben konnte der PPW-Wert nach Methionin-Zufuhr bedeutend verbessert werden, außer beim MET bl. Hier zeigte Methionin-Ergänzung keine besondere Wirkung.

Tabelle 17: N-Verdaulichkeit, % N-Ansatz von N-verd. und PPW
($\bar{x}$, n = 10, Versuchsdauer: 10 Tage)

Versuchsgruppen	N-Verzehr mg	N-Verdau- lichkeit %	% N-Ansatz v.N-verd.	PPW
NEU bl. + Ca,P	622	62,0	26,2	16,2
NEU bl. + Ca, P, Meth.	683	61,1	40,5	24,7
MET fr. + Ca,P	538	68,7	19,7	13,6
MET fr. + Ca, P, Meth.	579	69,9	41,5	29,0
MET bl. rein	588	71,3	35,8	25,5
MET bl. + Ca,P	634	73,0	54,2	39,6
MET bl. + Ca, P, Meth.	603	72,6	48,4	35,2
MAT A gel.rein	491	68,8	- 2,4	- 1,6
MAT A gel. + Ca, P	565	70,6	16,3	11,5
MAT A gel. + Ca, P, Meth.	601	76,3	25,9	19,8
MAT B gel.rein	383	65,3	- 57,2	- 37,3
MAT B gel. + Ca, P	504	71,9	- 9,4	- 6,8
MAT B gel. + Ca, P, Meth.	525	74,0	- 2,8	- 2,1

Einige Versuchsgruppen wurden wegen der Todesfälle nicht ausgewertet.

5.4 Ernährungsphysiologische Bedeutung der Noxe Oxalsäure

5.4.1 Oxalsäuregehalt der Spinatvarianten

Die Oxalsäure kann in pflanzlichem Material als schwerlösliches Calciumoxalat und als lösliches Alkalisalz vorliegen.

Die häufigste Bindungsform der sogenannten löslichen oder freien Oxalsäure: $\text{KHC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (saures K-Salz der Oxalsäure).

In allen Spinatvarianten wurde Gesamtoxalsäure und wasserlösliche Oxalsäure quantitativ ermittelt (vgl. Abb. 3). Nach Berechnung der Äquivalente Gesamtoxalsäure und Gesamt-Calcium der Spinatproben läßt sich durch Differenzbildung feststellen, ob ein Oxalsäure- bzw. Calciumüberschuß vorliegt (Tabelle 10).

Bei der stöchiometrischen Berechnung geht man davon aus, daß bei Oxalsäureüberschuß das gesamte Calcium des Testfutters an Oxalsäure gebunden ist.

Ergebnis: Futterrationen ohne Ergänzung haben einen bedeutenden Oxalsäureüberschuß. Dieser wurde in den Rationen durch Zugabe von Calciumsalzen ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ und CaCO_3) ausgeglichen. Da beim Blanchieren ein Teil der wasserlöslichen Oxalsäure in das Blanchierwasser übergeht, sind die Unterschiede zwischen behandeltem und unbehandeltem Spinat erklärlich.

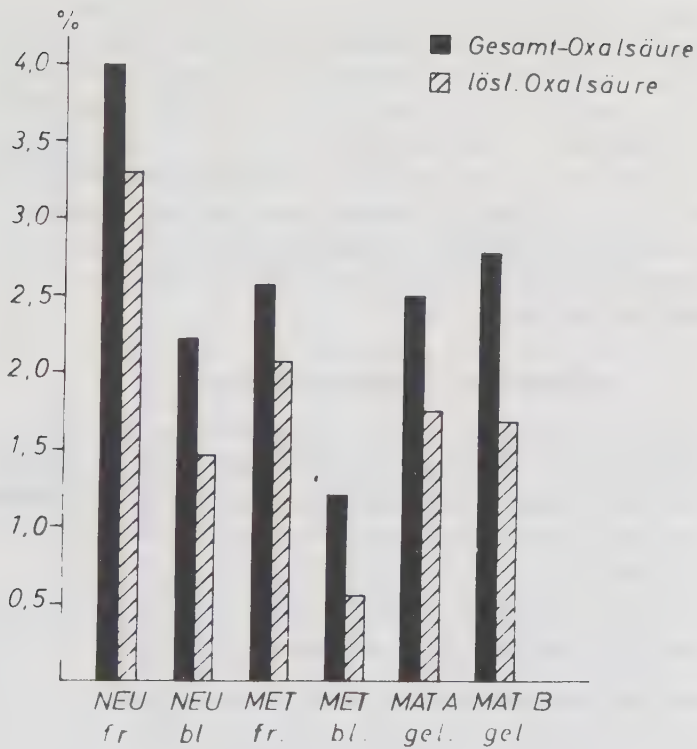


Abb. 3: Gesamt- und lösli. Oxalsäure-Gehalt in den Versuchsrationen (g/100 g)

5.4.2 Ausscheidungsverhältnisse

Im Kot und Harn wurde die Gesamtoxalsäure bestimmt. Wasserlösliche Oxalsäure konnte nicht nachgewiesen werden. In allen Versuchen war die Oxalsäureausscheidung bedeutend geringer als der Oxalsäureverzehr. Im Durchschnitt wurden 67 % der aufgenommenen Oxalsäuremenge nicht abgegeben. (Höchster Wert: 89,5 %, niedrigster Wert: 40,7 %). In den Tabellen 18-34 sind die Ausscheidungsverhältnisse der Oxalsäure in Abhängigkeit von der Art des Futtermittels und der Beeinflussung der Rationsergänzung Ca, P und Methionin, sowie die entsprechenden Calciumäquivalente dargestellt. Die einzelnen Analysendaten bedürfen unter verschiedenen Gesichtspunkten einer ausführlichen Diskussion (Abschn.6.4).

5.4.3 Oxalsäure und Mineralstoffwechsel

Anhand der in dieser Arbeit angewandten Stoffwechselmethodik ist es nicht möglich, Aussagen über den intermediären Weg etwa resorbierter Oxalsäure zu machen. Dies wäre nur nach Fütterung mit markierter Substanz zu erreichen.

Die Auswertung der Ergebnisse wurde in Anlehnung an Arbeiten von BRUNE (1955) vorgenommen.

Aus der Futtermittelanalyse ermittelte Größen:

- | | |
|-------------|---|
| | 1. Gesamt-Oxalsäure |
| | 2. wasserlösliche Oxalsäure |
| | 3. Gesamt-Calcium |
| Berechnung: | 4. unlösliche Oxalsäure des Futters
(=Gesamt-Oxalsäure minus lösl.Oxalsäure) |
| | 5. unlösliches Futter-Calcium (=die der unlöslichen Oxalsäure äquivalente Calciummenge) |
| | 6. freies Calcium des Futters (=Gesamt-Calcium des Futters minus unlösliches Calcium) |

Bei der Berechnung dieser Daten geht man davon aus, daß die gesamte unlösliche Oxalsäure des Futtermittels als Calciumoxalat vorliegt. Allerdings können für die unlösliche Oxalsäure auch andere Bindungsformen möglich sein (z.B. als Magnesium-Salz).

Die Begriffe "frei", "löslich" und "unlöslich" sind bei BRUNE (1977) hinreichend definiert, so daß auf eine Wiederholung verzichtet wird. (Freies Calcium im Futter war allerdings erst nach Calcium-Ergänzung vorhanden).

Aus der Kotanalyse ermittelte Größen:

1. Unlösliche Oxalsäure des Kotes, die der Gesamttoxalsäure im Kot entspricht. (Wie bereits erwähnt, konnte wasserlösliche Oxalsäure im Kot nicht nachgewiesen werden.)
2. Gesamt-Calcium
3. unlösliches Kot-Calcium (=die der Gesamt-Oxalsäure des Kotes äquivalente Menge Calcium)
4. freies Calcium des Kotes (=Gesamt-Kot-Calcium minus unlösl. Calcium des Kotes)

- Berechnung:
5. intestinales Calcium (= freies Calcium des Futtermittels minus freies Calcium des Kotes) (Das intestinale Calcium scheint nicht aus dem Futter gedeckt zu sein. Es kann endogenen Ursprungs sein oder z.B. aus bakteriell gespaltenem Calciumoxalat stammen. Unter dieser Annahme müßte das intestinale Calcium in einer Beziehung zum Oxalsäureabbau im Verdauungstrakt stehen.)
 6. Verfügbares Gesamt-Calcium (= freies Calcium des Futtermittels plus nicht mit dem Kot ausgeschiedener Teil des unlöslichen bzw. gebundenen Calciums. Diese Calciummenge ist der fällenden Wirkung der Oxalsäure im intestinaltrakt entzogen und steht für die Calcium-Resorption tatsächlich zur Verfügung.

In den Tabellen 12-34 wird das unterschiedliche Verhalten der Spinat-Oxalsäure aufgezeigt. Mit Ausnahme der Gruppe NHC fr ohne Ergänzung sind für alle Versuchsrationen Berechnungen für die Größen durchgeführt worden, die analytisch nicht direkt erfaßbar waren.

Die Oxalsäure kann sich über den Calcium-Stoffwechsel hinaus auch auf den Phosphor-Gehalt auswirken. Aus diesem Grunde wurden in dieser Arbeit zusätzlich die Calcium- und Phosphorbilanzen erfaßt (Tabelle 35,36,37). Die graphische Darstellung läßt deutlich erkennen, wie sehr die Ausscheidung von Calcium, Phosphor und Oxalsäure von der gefütterten Diät abhängig ist. Erwähnenswert mögen folgende Ergebnisse sein:

1. Bei der Ratte waren die mit dem Harn ausgeschiedenen Oxalsäure- und Calciummengen so gering, daß die Calciumbilanz größenordnungsmäßig gleich der Retention durch den Darm zu setzen ist. Die Calciumbilanz macht den Einfluß der Oxalsäure also nicht deutlicher als die Calcium-Retention.
2. Phosphorbilanz und Calciumbilanz stehen in den meisten Fällen direkt miteinander in Beziehung. Bei hohem Calcium-Ansatz wird entsprechend Phosphor retiniert.
3. Die Methioninergänzung hat keinen besonderen Einfluß auf die Calcium- und Phosphor-Bilanz. Lediglich die Oxalsäureausscheidungen konnten bedeutend verbessert werden.

Die Calcium- und Phosphor-Retention wurde nach der Calcium- und Phosphorergänzung aus der negativen Bilanz herausgebracht.

Tabelle 18: NEUSEELÄNDER frisch mit Ca, P-Ergänzung

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure	1,015 0,452
	g lösl. Oxalsäure	0,840 0,374
	g unlösl. Oxalsäure	0,175 0,078

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter	1,015	0,452	0,078
Kot	0,227	0,433	0,101
nicht ausgeschieden	0,788	0,019	- 0,023
nicht ausgeschieden %	77,64	4,20	-29,49

Im Futter:	g freies Ca.....	0,374
Im Kot:	g freies Ca.....	0,332
	g intestinales Ca.....	0,042
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,351

Tabelle 19: NEUSEELÄNDER Spinat frisch
mit Ca, P, Methionin-Ergänzung

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure	1,139 0,507
	g lösl. Oxalsäure	0,943 0,420
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,196 0,087

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter	1,139	0,507	0,087
Kot	0,404	0,448	0,180
nicht ausgeschieden	0,735	0,059	- 0,093
nicht ausgeschieden %	64,53	11,64	- 106,90

Im Futter:	g freies Ca	0,420
Im Kot:	g freies Ca.....	0,268
	g intestinales Ca.....	0,152
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,327

Tabelle 20: NEUSEELÄNDER Spinat blanchiert, rein.

		äquivalent g Ca	
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure.....	0,646	0,288
	g lösl. Oxalsäure.....	0,422	0,188
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,224	0,100

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter	0,646	0,134	0,100
Kot.....	0,094	0,155	0,042
nicht ausgeschieden	0,552	-0,021	0,058
nicht ausgeschieden %	85,45	- 15,67	58,00

Im Futter:	g freies Ca.....	0,034
Im Kot:	g freies Ca.....	0,113
	g intestinales Ca.....	-0,079
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,092

Tabelle 21: NEUSEELÄNDER Spinat blanchiert
mit Ca, P-Ergänzung

		äquivalent g Ca	
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure.....	0,844	0,376
	g lösl. Oxalsäure.....	0,551	0,245
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,293	0,131

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter.....	0,844	0,376	0,131
Kot.....	0,191	0,350	0,085
nicht ausgeschieden	0,653	0,026	0,046
nicht ausgeschieden %	77,37	6,91	35,11

Im Futter:	g freies Ca.....	0,245
Im Kot:	g freies Ca.....	0,265
	g intestinales Ca.....	-0,020
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,291

Tabelle 22: NEUSEELÄNDER Spinat blanchiert
mit Ca, P, Methionin-Ergänzung

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure.....	0,926 0,412
	g lösl. Oxalsäure.....	0,605 0,269
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,321 0,143

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter.....	0,926	0,413	0,143
Kot.....	0,364	0,370	0,162
nicht ausgeschieden	0,562	0,043	-0,019
nicht ausgeschieden %	60,69	10,41	-13,29

Im Futter:	g freies Ca.....	0,270
Im Kot:	g freies Ca.....	0,208
	g intestinales Ca.....	0,062
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,251

Tabelle 23: METADOR Spinat frisch, rein

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure	0,722 0,321
	g lösl. Oxalsäure.....	0,655 0,291
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,067 0,030

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter.....	0,722	0,099	0,030
Kot.....	0,076	0,141	0,034
nicht ausgeschieden	0,646	- 0,042	- 0,004
nicht ausgeschieden %	89,47	-42,42	-13,33

Im Futter:	g freies Ca.....	0,069
Im Kot:	g freies Ca.....	0,107
	g intestinales Ca.....	-0,038
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,065

Tabelle 24: METADOR Spinat frisch
mit Ca, P-Ergänzung

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure.....	0,836 0,372
	g lösl. Oxalsäure.....	0,677 0,301
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,159 0,071

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter.....	0,836	0,372	0,071
Kot.....	0,261	0,306	0,116
nicht ausgeschieden	0,575	0,066	- 0,045
nicht ausgeschieden %	68,78	17,74	-63,38

Im Futter:	g freies Ca.....	0,301
Im Kot:	g freies Ca.....	0,190
	g intestinales Ca.....	0,111
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,256

Tabelle 25: METADOR Spinat frisch
mit Ca, P, Methionin-Ergänzung

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure.....	0,899 0,400
	g lösl. Oxalsäure.....	0,728 0,324
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,171 0,076

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter.....	0,899	0,400	0,076
Kot.....	0,342	0,357	0,152
nicht ausgeschieden	0,557	0,043	- 0,076
nicht ausgeschieden %	61,96	10,75	-100,00

Im Futter:	g freies Ca.....	0,324
Im Kot:	g freies Ca.....	0,205
	g intestinales Ca.....	0,119
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,248

Tabelle 26: METADOR Spinat blanchiert, rein

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure	0,429
	g lösl. Oxalsäure	0,198
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,231
		0,191
		0,088
		0,103

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter	0,429	0,209	0,103
Kot.....	0,108	0,175	0,048
nicht ausgeschieden	0,321	0,034	0,055
nicht ausgeschieden %	74,83	16,27	53,40

Im Futter:	g freies Ca.....	0,106
Im Kot:	g freies Ca.....	0,127
	g intestinales Ca.....	-0,021
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,161

Tabelle 27: METADOR Spinat blanchiert
mit Ca, P-Ergänzung

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure	0,462
	g lösl. Oxalsäure	0,213
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,249
		0,206
		0,095
		0,111

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter	0,462	0,226	0,111
Kot.....	0,139	0,212	0,062
nicht ausgeschieden	0,323	0,014	0,049
nicht ausgeschieden %	69,91	6,19	44,14

Im Futter:	g freies Ca.....	0,115
Im Kot:	g freies Ca.....	0,150
	g intestinales Ca.....	-0,035
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,164

Tabelle 28: METADOR Spinat blanchiert
mit Ca, P, Methionin-Ergänzung

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure	0,440 0,196
	g lösl. Oxalsäure	0,203 0,091
	g unlösl. Oxalsäure	0,237 0,105

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter	0,440	0,215	0,105
Kot.....	0,254	0,207	0,113
nicht ausgeschieden	0,186	0,008	- 0,008
nicht ausgeschieden %	42,27	3,72	- 7,62

Im Futter:	g freies Ca.....	0,110
Im Kot:	g freies Ca.....	0,094
	g intestinales Ca.....	0,016
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,102

Tabelle 29: MATADOR A-Spinat gelagert, rein

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure	0,747 0,333
	g lösl. Oxalsäure	0,542 0,242
	g unlösl. Oxalsäure	0,205 0,091

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter.....	0,747	0,129	0,091
Kot.....	0,111	0,134	0,049
nicht ausgeschieden	0,636	- 0,005	0,042
nicht ausgeschieden %	85,14	- 3,86	46,15

Im Futter:	g freies Ca.....	0,038
Im Kot:	g freies Ca.....	0,085
	g intestinales Ca.....	- 0,047
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,080

Tabelle 30: MATADOR A-Spinat gelagert
mit Ca, P-Ergänzung

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamttoxalsäure.....	0,860 0,383
	g lösl. Oxalsäure.....	0,603 0,269
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,257 0,114

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter.....	0,860	0,383	0,114
Kot.....	0,252	0,327	0,112
nicht ausgeschieden	0,608	0,056	0,002
nicht ausgeschieden %	70,70	14,62	1,75

Im Futter:	g freies Ca.....	0,269
Im Kot:	g freies Ca.....	0,215
	g intestinales Ca.....	0,054
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,271

Tabelle 31: MATADOR A-Spinat gelagert
mit Ca, P, Methionin-Ergänzung

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamttoxalsäure.....	0,914 0,407
	g lösl. Oxalsäure.....	0,642 0,286
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,272 0,121

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter.....	0,914	0,407	0,121
Kot.....	0,542	0,351	0,241
nicht ausgeschieden	0,372	0,056	- 0,120
nicht ausgeschieden %	40,70	13,76	-99,17

Im Futter:	g freies Ca.....	0,286
Im Kot:....	g freies Ca.....	0,110
	g intestinales Ca.....	0,176
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,166

Tabelle 32: MATADOR B-Spinat gelagert, rein

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure	0,652 0,290
	g lösl. Oxalsäure	0,391 0,174
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,261 0,116

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter.....	0,652	0,123	0,116
Kot.....	0,220	0,154	0,098
nicht ausgeschieden	0,432	- 0,031	0,018
nicht ausgeschieden %	66,26	-25,20	15,52

Im Futter:	g freies Ca.....	0,007
Im Kot:	g freies Ca.....	0,056
	g intestinales Ca.....	-0,049
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,025

Tabelle 33: MATADOR B-Spinat gelagert
mit Ca, P-Ergänzung

		äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure.....	0,859 0,382
	g lösl. Oxalsäure.....	0,515 0,229
	g unlösl. Oxalsäure.....	0,344 0,153

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösl. Ca (g)
Futter.....	0,859	0,382	0,153
Kot.....	0,283	0,331	0,126
nicht ausgeschieden	0,576	0,051	0,027
nicht ausgeschieden %	67,05	13,35	17,65

Im Futter:	g freies Ca.....	0,229
Im Kot:	g freies Ca.....	0,205
	g intestinales Ca.....	0,024
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,256

Tabelle 34: MATADOR B-Spinat gelagert
mit Ca, P, Methionin-Ergänzung

			äquivalent g Ca
Im Futter:	g Gesamtoxalsäure.....	0,895	0,398
	g lösli. Oxalsäure.....	0,537	0,239
	g unlösli. Oxalsäure.....	0,358	0,159

	Gesamt-Oxal- säure (g)	Gesamt-Ca (g)	unlösli. Ca (g)
Futter.....	0,895	0,398	0,159
Kot.....	0,304	0,380	0,135
nicht ausgeschieden	0,591	0,018	0,024
nicht ausgeschieden %	66,03	4,52	15,09

Im Futter:	g freies Ca.....	0,239
Im Kot:	g freies Ca.....	0,245
	g intestinales Ca.....	-0,006
Im Futter:	g verfügbares Gesamt-Ca.....	0,263

Tabelle 35: Oxalsäurebilanz ($\bar{x}$, n = 10, Versuchsdauer: 10 Tage)

Versuchs- gruppen	Oxalsäure- Verzehr(mg)	ausgeschiedene Oxalsäure(mg)			Bilanz (mg)
		m.d.Kot	m.d.Harn	insges.	
NEU fr. rein	Alle 10 Tiere sind	während des	Versuchs	ge-	storben
NEU fr. ⁺ + Ca, P	1015	227	34	261	754
NEU fr. ⁺ +Ca, P, Meth.	1139	404	23	427	712
NEU bl. ⁺ rein	646	94	8	102	544
NEU bl. +Ca, P	844	191	19	210	634
NEU bl. + Ca, P, Meth.	926	364	48	412	514
MET fr. ⁺ rein	722	76	31	107	615
MET fr. +Ca, P	836	261	5	266	570
MET fr. + Ca, P, Meth.	899	342	8	350	549
MET bl. rein	429	108	41	149	280
MET bl. +Ca, P	462	139	41	180	282
MET bl. + Ca, P, Meth.	440	254	45	299	141
MAT A gel. rein	747	111	39	150	597
MAT A gel. +Ca, P	860	252	40	292	568
MAT A gel. + Ca, P, Meth.	914	542	23	565	349
MAT B gel. rein	652	220	56	276	376
MAT B gel. +Ca, P	859	283	5	288	571
MAT B gel. + Ca, P, Meth.	895	304	4	308	587

⁺Nur Werte von überlebenden Tieren.

Tabelle 36: Calciumbilanz ($\bar{x}$, n = 10, Versuchsdauer: 10 Tage)

Versuchs- gruppen	Calcium- Verzehr (mg)	ausgeschiedener Calcium(mg)			Bilanz (mg)
		m.d.Kot	m.d.Harn	insges.	
NEU fr. rein Alle 10 Tiere		sind während des Versuchs gestorb.			
NEU fr. ⁺ + Ca, P	452	433	3	436	16
NEU fr. ⁺ + Ca, P, Meth.	507	448	5	453	54
NEU bl. ⁺ rein	134	155	15	170	- 36
NEU bl. +Ca, P	376	350	5	355	21
NEU bl. + Ca, P, Meth.	413	370	3	373	40
MET fr. ⁺ rein	99	141	3	144	- 45
MET fr. +Ca, P	372	306	4	310	62
MET fr. + Ca, P, Meth.	400	357	6	363	37
MET bl. rein	209	175	6	181	28
MET bl. +Ca, P	226	212	6	218	8
MET bl. + Ca, P, Meth.	215	207	4	211	4
MAT A gel. rein	129	134	11	145	- 16
MAT A gel. +Ca, P	383	327	9	336	47
MAT A gel. + Ca, P, Meth.	407	351	11	362	45
MAT B gel. rein	123	154	11	165	- 42
MAT B gel. +Ca, P	382	331	9	340	42
MAT B gel. + Ca, P, Meth.	398	380	9	389	9

⁺ Nur Werte von überlebenden Tieren.

Tabelle 37: Phosphorbilanz ($\bar{x}$, n = 10, Versuchsdauer: 10 Tage

Versuchs- gruppen	Phosphor- Verzehr (mg)	ausgeschiedener Phosphor (mg)			Bilanz (mg)
		m.d.Kot	m.d.Harn	insgesamt	
NEU fr. rein	Alle 10 Tiere	sind	während des	Versuchs	gestorb.
NEU fr. + + Ca, P	226	81	129	210	16
NEU fr. + + Ca, P, Meth.	254	88	133	221	33
NEU bl. + rein	32	39	28	67	- 35
NEU bl. +Ca,P	188	51	114	165	23
NEU bl. + Ca, P, Meth.	206	54	118	172	34
MET fr. + rein	62	22	38	60	2
MET fr. +Ca, P	186	39	98	137	49
MET fr. + Ca, P, Meth.	200	43	106	149	51
MET bl. rein	64	22	27	49	15
MET bl. +Ca, P	103	27	51	78	25
MET bl. + Ca, P, Meth.	98	27	49	76	22
MAT A gel. rein	64	21	55	76	- 12
MAT A gel. +Ca,P	192	39	138	177	15
MAT A gel. + Ca, P, Meth.	204	40	138	178	26
MAT B gel. rein	55	23	67	90	- 35
MAT B gel. + Ca, P	191	40	157	197	- 6
MAT B gel. + Ca, P, Meth.	199	41	153	194	5

*Nur Werte von überlebenden Tieren.

6. Diskussion der Ergebnisse

6.1 Einflüsse verschiedener Faktoren auf die chemisch-analytische Proteinqualität der Spinatproben

Sorte bzw. Blattinsertion und N-Düngung

Der Proteingehalt der Spinatproben ist - wie aus den Tabellen 5 und 8 deutlich erkennbar - von der Sorte und der N-Düngung abhängig.

NEUSEELÄNDER ist ein Pflück-Spinat, dessen junge, syntheseaktive Blätter einen hohen Gehalt an Aminosäuren, besonders Methionin (0,44 %/TS) aufweisen. Die Werte der Aminosäure-Analyse stimmen mit den von SCHUPHAN angegebenen Mittelwerten (vgl. Tab. 2) überein.

Der EAS-Index für 8 AS liegt bei 75,4 und ist im Vergleich zu SCHUPHAN-s Wert (71) recht hoch.

Der sehr reife, mit 285 kg/ha N-gedüngte, METADOR-Spinat hat dagegen einen höheren Rohprotein-Anteil, aber einen niedrigeren AS-Gehalt, wobei besonders der geringe Methioningehalt von 0,09 %/TS auffällt.

Diese Beobachtung stimmt gut mit Ergebnissen von SCHUPHAN (1960) überein, der bei einer N-Düngungsstufe von 320 kg/ha einen ähnlich niedrigen Methioningehalt von 0,06 %/TS feststellte. Da er demgegenüber bei N-freiem Spinat einen um 75 % höheren Methioninanteil ermittelte, muß geschlossen werden, daß eine N-Überdüngung zu einer Verminderung in der Methionineinlagerung führt.

Ein ähnlicher Zusammenhang dürfte auch bei den beiden vorliegenden Varianten unterschiedlicher N-Düngungsintensität vorliegen.

SCHUPHAN (1961) hat durch seine Untersuchungen an verschiedenen Blattinsertionen bestätigt, daß die älteren Blätter bei einem übermäßigen Stickstoffangebot einen Rückgang des EAS-Index und des Methioningehaltes zu verzeichnen haben.

Diese Ergebnisse bestätigt der MET-Spinat mit einem EAS-Index von 31,3.

Die MATADOR-Spinatsorten waren tiefgefroren 2 - 2 1/2 Jahre gelagert worden. Es handelte sich also um einen recht alten Spinat. Der AS-Gehalt entsprach dem des METADOR, und die Werte des EAS-Index waren ebenfalls nicht sehr hoch (28,2 und 32,9).

Der zweite - etwas höhere Wert - ist auf den gegenüber MAT A doppelt so hohen Methioningehalt des MAT B zurückzuführen.

Unerklärlich ist der sehr niedrige Phenylalanin-Gehalt der gesamten Spinatproben ($\bar{x}$ 0,26 g/16 g N). Dagegen ermittelte SCHUPHAN Mittelwerte von 4,7 g/16 g N.

Blanchieren

Durch das Blanchieren mit Wasser (auf 95°C, 3 Min.) werden die Proteine relativ wenig angegriffen.

Nach SCHUPHAN (1971) betragen die Verluste an Gesamt-Aminosäuren 5 % der Frischproben und an freien Aminosäuren 73 % der gesamten freien Aminosäuren. Das bedeutet, daß die freien AS zum größten Teil durch das Blanchieren verloren gehen.

Weiter fand SCHUPHAN (1971), daß die AS Tryptophan, Prolin

und Tyrosin im blanchierten Spinat zu einem größeren Anteil vorhanden waren als im frischen.

Auch in dieser Arbeit wurde ein erhöhter AS-Gehalt im blanchierten NEU- und MET-Spinat festgestellt. Besonders erhöht waren Methionin, Tyrosin und Phenylalanin.

Die EAS-Indices nehmen im NEU um 13 %, im MET sogar um 32 % gegenüber den unblanchierten Proben zu.

Da beim Blanchieren die wasserlöslichen Substanzen verloren gehen, steigen der Gesamt-N und RP-Gehalt in der blanchierten Trockensubstanz leicht an.

Mit dem Anstieg des RP-Gehaltes um ca. 10 % erhöht sich somit der relative Anteil der Aminosäuren in der TS.

Diese Beobachtungen stimmen mit dem von RICHTER (1969) angegebenen RP-Anstieg von 8-10 % gut überein.

6.2 Die Unterschiede der Spinatrationen hinsichtlich der Qualitätsmaßstäbe Wachstum und PER

In Abb. 4 sind die Qualitätsparameter aus den Testversuchen mit Ratten gegenübergestellt.

Vergleicht man die Spinatgrundrationen ohne Ergänzung untereinander, so läßt sich eine Überlegenheit der blanchierten Gruppen feststellen. Einschränkend ist aber zu bemerken, daß aus der Gruppe NEU fr alle Tiere und aus den Versuchsgruppen NEU bl und MET fr ein Teil der Tiere eingegangen waren. Lediglich beim MET bl wurde eine deutliche Gewichtszunahme verzeichnet.

Dieses Verhalten ist im wesentlichen auf einen Nicht-Eiweiß-Faktor, eine sogen. Noxe, zurückzuführen, da in fast allen Gruppen ohne Ergänzung Vergiftungserscheinungen auftraten. Da nach Calcium-Phosphor-Ergänzung die Rationen bedeutend besser vertragen wurden und Wachstum und PER zunahmen, muß es sich in diesem Fall um einen stark toxischen Einfluß der Oxalsäure handeln.

Die positivere Wirkung der blanchierten Proben NEU bl und MET bl ist auf eine Reduzierung des Oxalsäuregehaltes um 44,5 % bzw. 53 % im Vergleich zu den frischen Proben zurückzuführen.

Während die beiden ungelagerten Sorten ähnliche Gewichtszunahmen zeigen, haben die gelagerten MAT A und MAT B einen Gewichtsverlust zur Folge.

Allgemein gilt, daß bei Temperaturen um -18°C die Lagerungsdauer von tiefgefrorenem Gemüse durch chemische Umsetzungen und dadurch hervorgerufene Veränderungen im Genuß- und Nährwert begrenzt ist. Umfangreich untersucht wurde bis jetzt das Verhalten einiger Vitamine (Ascorbinsäure, Carotin) während der Gefrierlagerung (GORTNER u. Mitarb. 1948).

Auch über Veränderungen des geringen Fettanteils wie Abbau der Phosphatide und Phosphatidsäuren ist einiges bekannt (SCHORMÜLLER 1966).

Durch Entzug von Wasser aus den Kohlenhydratgelen kann die Konsistenz der Gemüsearten stark verändert werden, und auch im pH-Wert einiger Gemüsesorten wurden während der Gefrierlagerung erhebliche Schwankungen festgestellt (VAN DEN BERGH 1961).

Über das Verhalten der Eiweißverbindungen während der Gefrierlagerung von Gemüse, speziell Spinat, wurde bis jetzt

in der Literatur nichts mitgeteilt.

Die Ergebnisse dieser Arbeit deuten aber darauf hin, daß auch die Ausnutzbarkeit der Proteine durch allzu langes Lagern vermindert wird. Chemische Reaktionen, nicht zu vermeidende Temperaturschwankungen während der Aufbewahrung und eine durch ungleiche Kristallgröße nach dem Gefrieren geförderte Rekristallisation können die Ursache dafür sein.

Eine Calcium-, Phosphor-Ergänzung wirkte sich auf die Varianten MET fr, MAT A gel und MAT B gel positiv aus, während sie beim MET bl keine bedeutende Rolle spielte. Auch hier dürfte der unterschiedliche Oxalsäuregehalt wieder von Bedeutung sein.

Da die toxische Wirkung durch Calcium-Phosphor-Ergänzung zu einem großen Teil aufgehoben werden kann, spielt nun auch der Aminosäuren-Gehalt der Spinatraktionen eine wesentliche Rolle.

Wachstum und PER wurden beim NEU bl nach Methioninergänzung wesentlich gefördert, was als Aufwertungseffekt der limitierenden Aminosäure Methionin aufgefaßt werden kann.

Bei der Variante METADOR war der Einfluß einer Methionin-Zulage nur gering. Möglicherweise ist Methionin in diesem Fall nicht die alleinige limitierende Aminosäure. Da der Gesamt-Aminosäure-Gehalt sehr gering ist, könnten weitere Aminosäuren begrenzend wirken. So werden bei MET fr nur geringe und beim MET bl keine Wachstumssteigerungen erzielt.

Die gelagerten Proben zeigen alle eine negative Wachstums-Bilanz, die durch Methionin-Ergänzung nur wenig aufgewertet

werden konnte.

Als Ursache dafür kann z.T. wiederum der geringe Gesamt-Aminosäuregehalt angesehen werden, der eine Aufwertung mit mehreren Aminosäuren erfordert, wenn überhaupt eine Qualitätsverbesserung erzielt werden soll. Mit Sicherheit aber sind auch die weiteren Veränderungen während der Lagerung, wie sie bereits angedeutet wurden, so wirksam, daß ein nachhaltiger Aufwertungseffekt nicht mehr erzielt werden kann.

6.3 Die Beeinflussung der N-Verwertung durch die vorgegebenen Spinatvarianten

N-Verdaulichkeit

In der N-Verdaulichkeit treten bei allen Varianten mit und ohne Ergänzung kaum Unterschiede auf. Eine Ausnahme macht lediglich der NEUSEELÄNDER, für den sich eine um etwa 10 % geringere N-Verdaulichkeit feststellen läßt. Eine Ursache hierfür dürfte der sehr hohe Oxalsäuregehalt sein, da in der Literatur immer wieder auf mögliche Reizwirkungen der scharfkantigen Oxalatdrusen auf die Darmwand hingewiesen wird (BRUNE 1955, KOSSMAG 1954).

Auch die Methioninergänzung hat in den vorliegenden Versuchen keinen Einfluß auf die N-Verdaulichkeit. Gleiche Ergebnisse mit Methioninergänzung bei allerdings anderen Grundkomponenten zeigten SCHILLER/OCIO (1963), HOCK/LEHMANN (1968) in Versuchen mit Ratten und THIER/BRUNE (1968) und WALZ (1972) am Schwein.

N-Ansatz

Ähnlich wie die Kriterien PER und Wachstum war auch der N-Ansatz deutlich von der Frische und der Art der Zubereitung abhängig.

Am höchsten war er bei MET bl, gefolgt von NEU bl und MET fr. Eine schlechte N-Verwertung zeigten die gelagerten Proben.

Durch das Blanchieren konnte der N-Ansatz bedeutend verbessert werden, während die Gefrierlagerung wieder eine Verminderung der Gesamtqualität zur Folge hatte.

Nach Verbesserung der Gesamtration durch Calcium-, Phosphor-Salze wurde eine eindeutige Steigerung im N-Ansatz verzeichnet.

Einen wesentlichen Einfluß auf den N-Ansatz zeigte auch die Methioninergänzung.

Bei allen Gruppen außer MET bl ist ein deutlicher Anstieg des N-Ansatzes im Gesamtkörper durch Methioninergänzung festzustellen, der die Verbesserung nach Calcium-, Phosphor-Zufuhr noch übertrifft. Die prozentuale Steigerung beträgt (Ca + P = 100 gesetzt) für NEU bl 67 %; MET fr 130 %; MAT A gel 83 %; MAT B gel 67 %. Dies ist zurückzuführen auf eine eindeutige Verbesserung der Aminosäurezusammensetzung der Ration und damit einer erhöhten Eiweiß-Synthese durch die Möglichkeit des Einbaus des sonst limitierenden Methionins.

Bei MET bl konnte keine Steigerung erreicht werden, da Methionin in dieser Spinatr ration nicht limitierend zu sein scheint, wie bereits bei dem PER-Wert zu beobachten war.

Über den Einfluß einzelner Aminosäuren auf den Rohprotein-gehalt des Gesamt-Ratten-Körpers ist bis jetzt kaum Literatur vorhanden. WALZ (1971) u. WALZ/FORD (im Druck)

konnten jedoch bei Zulagen von 0,15 % bzw. 0,32 % Lysin zu lysinarmen Sesamschrot-Grundrationen eine Steigerung des RP-Ansatzes im Ratten-Ganzkörper von 105 % bzw. 205 % über die Grundration innerhalb einer 14-tägigen Versuchsperiode feststellen.

Auch in der Leber war in allen Gruppen außer MAT B gel eine Steigerung der N-Gehalte durch Methioninergänzung zu beobachten.

In der japanischen Literatur (TAMURA et al 1959) wurden in Algen-Versuchen (Scenedesmus, entfärbt) ähnliche Ergebnisse erzielt. Die prozentualen Steigerungen des N-Ansatzes in der Leber betrugen (N-freie Diät = 100) bei einer 10 %igen Casein-Diät 52 %, einer 10 %igen Scenedesmus-Diät 63 %, einer 10 %igen Scenedesmus-Diät + 0,4 % Methionin 86 %, einer 10 %igen Scenedesmus-Diät + 0,6 % Methionin 73 %.

PPW

Der PPW (produktiver Protein-Wert) verhält sich ähnlich wie der N-Ansatz, da die weitere Variante zur Berechnung des PPW, der N-Verzehr, bei allen auswertbaren Gruppen mit positiver Bilanz relativ konstant war. Am höchsten war er bei MET bl und konnte durch Methionin-Ergänzung nicht mehr gesteigert werden, da Methionin in dieser Variante - wie auch beim N-Ansatz - offenbar nicht der limitierende Faktor ist.

Ansonsten hat die Methioninergänzung einen deutlich positiven Effekt auf den PPW, da sie - wie beim N-Ansatz bereits ausgeführt - die Eiweißsynthese erhöht und folglich ein höherer Prozentsatz des verzehrten N eingelagert werden kann.

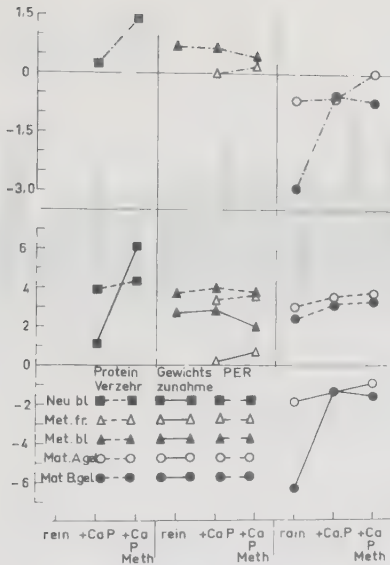


Abb. 4: Einfluß der Ca, P und Methionin-Ergänzung auf die Gewichtszunahmen und PER

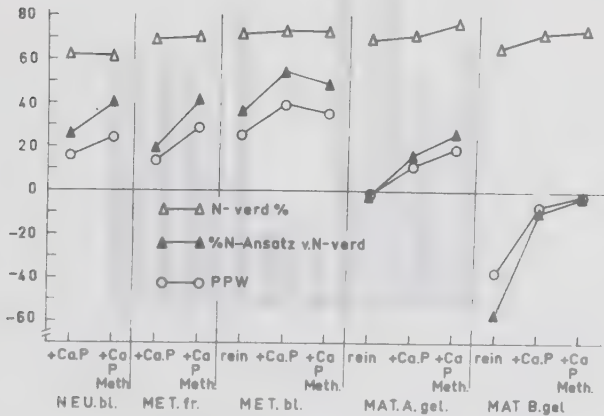


Abb. 5: Einfluß der Ca, P und Methionin-Ergänzung auf die N-verd., %, PPW und N-Ansatz von N-verd.

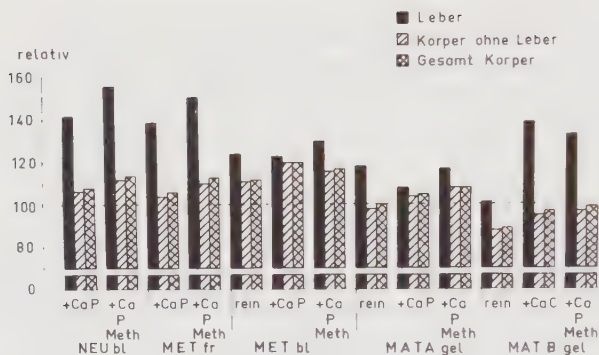


Abb. 6: N-Ansatz in Leber und Körper
(Kontrollgruppe = 100)

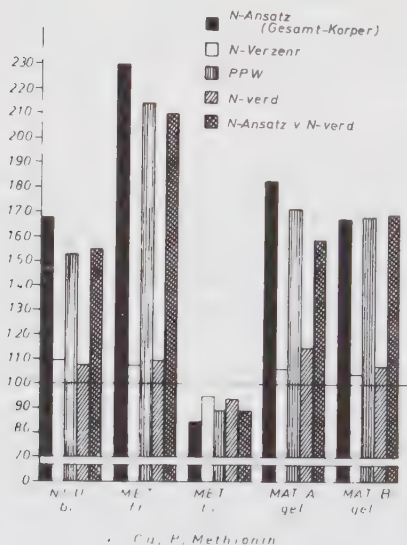


Abb. 7: Einfluß der Methionin-Ergänzung auf
einige Parameter (Ca,P-Ergänzungsgruppe = 100)

6.4 Einfluß der Noxe Oxalsäure auf die biologische Proteinqualität des Spinats

Bei der Beurteilung der leicht erkennbaren Qualitätsmerkmale von Gemüse, wie Aussehen, Geschmack u.a., spielen nicht nur die wertvermehrenden, sondern auch die wertvermindernden Inhaltsstoffe eine bedeutende Rolle.

Dem Oxalsäuregehalt des Spinats wird ein negativer Einfluß auf den Stoffwechsel von Mensch und Tier zugeschrieben. Er stellt also zweifellos einen unerwünschten, wertmindernden Inhaltsstoff dar. Neben der Beurteilung der biologischen Proteinqualität war in dieser Arbeit auch die Frage wichtig, wieweit die Oxalsäure deren Ausnutzbarkeit mindern kann.

Zu berücksichtigen waren der in den einzelnen Proben unterschiedliche Oxalsäuregehalt, die Ausscheidungsverhältnisse, die Wirkung der Oxalsäure auf den Mineralstoff-, insbesondere den Calcium-Stoffwechsel und der Einfluß dieser Noxe auf die biologische Proteinqualität.

6.4.1 Physiologische Wirkung des Oxalsäuregehaltes

Bei Untersuchungen dieser Arbeit an der Ratte führte der Spinat sowohl zu Stoffwechselstörungen als auch zu Vergiftungen. Für die Entstehung von Oxalsäurevergiftungen ist deren Resorbierbarkeit Voraussetzung. Neutrale Alkalisalze sind in Wasser leicht, saure dagegen schwer löslich. Am wenigsten löslich sind die Erdalkalisalze. Calciumoxalat ist in Wasser nur 1:130 000 löslich und galt deshalb lange Zeit als nicht resorbierbar. Vergiftungen nach oraler Calciumoxalat-Zufuhr sind bis jetzt auch nicht bekannt geworden.

Eine der wesentlichsten toxischen Eigenschaften der Oxalsäure ist deren entcalcifizierende Wirkung; als Ursache kann man sowohl die Herabsetzung der Calcium-Retention durch Bildung unlöslichen Calciumoxalats, als auch einen aktiven Calcium-Entzug annehmen, bei dem das Oxalsäure-Ion im Austausch gegen Alkali-Ionen Calcium durch die Darmwand aus dem Blut aufnimmt.

Nach EICHHOLZ (1951) und BALAZS (1934) sind Hämaturie, Verätzungen der Verdauungswege, Schädigungen des peripheren Nervensystems und Nekrosen der Tubuliepithelien der Nieren mit allen Folgeerscheinungen charakteristische Symptome einer Oxalsäurevergiftung.

Physiologisch wirksam sind vor allen die freie Oxalsäure oder deren lösliche Salze.

Den höchsten Gehalt an löslicher Oxalsäure hatte die Spinatration NEU fr (3,3 %/TS) (s. Abb. 3) und war im Vergleich zur MATADOR Spinatration etwa doppelt so hoch.

Aus der Gruppe NEU fr rein gingen folglich alle Tiere ein und zeigten Symptome einer akuten Oxalsäurevergiftung wie Nervenreizungen, Hämaturie etc.

Selbst nach Calcium-, Phosphor- und Calcium-,Phosphor-Methioninergänzung gingen noch 40 % bzw. 50 % der Tiere ein, während der Harn der übrigen Tiere blutig gefärbt war und damit ebenfalls Vergiftungserscheinungen zeigte.

Die METADOR Spinatration mit einem Gehalt an physiologisch wirksamer Oxalsäure von 2,1 %/TS (s. Abb. 3) führte ohne Calcium- und Phosphor-Zulagen zu einem Ausfall von nur 10%. Nervöse Erscheinungen und Hämaturie wurden aber ebenfalls bei einem Teil der Tiere beobachtet.

Im wesentlichen ist die Wirkung der nativen Oxalsäure im Nahrungsmittel eine Mineralstofffrage - und zwar speziell eine Calcium-Frage.

Neben den zahlreichen klinischen Untersuchungen über die rachitogene Wirkung der Oxalsäure waren es SCHMIDT/NIELSEN et al (1944) und KOHMANN (1939), die u.a. durch Verfütterung von Spinatpulver rachitisähnliche Erscheinungen erzielten, die aber nicht auftraten, wenn nebenbei genügend Calcium und Vitamin D gegeben wurden.

In vorliegenden Versuchen wurde beobachtet, daß die markantesten Vergiftungserscheinungen bei der gleichen Spinat-Variante ausblieben, wenn ausreichend Calcium und Phosphor der Diät beigegeben wurden.

Im Zusammenhang mit der Mineralstoff-Frage soll hierauf noch näher eingegangen werden.

6.4.2 Einfluß von N-Düngung, Be- und Verarbeitung des Spinates auf den Oxalsäuregehalt

Nach SCHALLER (1962), KITCHEN u. BURNS (1965) und BENGTSSON u.a. (1966) spielt auch der Vegetationszustand des Spinates eine außerordentliche Rolle. Nach ihren Beobachtungen steigt der Gehalt an löslicher und Gesamtoxalsäure nach etwa 30 Tagen zum Maximum an und nimmt mit zunehmendem Alter (50-106 Tage bei Winterspinat) wieder ab.

Der NEUSEELÄNDER war ein junger Pflückspinat und enthielt - wie erwähnt - einen erheblichen Oxalsäuregehalt. Es ist allerdings bekannt, daß diese Variante einen höheren Oxalsäuregehalt als die übrigen Spinatsorten aufweist (HERMANN 1968).

Der MATADOR wurde dagegen erst spät gepflückt, d.h. nach dem Auftreten der ersten Blütenstände und lag daher erheblich unter den übrigen Werten (6,1 bzw. 5,1 % lösliche Oxalsäure/TS).

Einen höheren Oxalsäuregehalt (7,44 % lösliche Oxalsäure) hat die mit 285 kg N/ha gedüngte METADOR-Variante.

Nach EHRENDORFER (1964) und KNAUER/SIMON (1968) haben aber N- und Kalksalpeter-Düngung ein Ansteigen von löslicher und Gesamt-Oxalsäure zur Folge.

Der Anteil der physiologisch wirksamen Oxalsäure ist nicht nur von der Sorte, Reife und Düngung abhängig, sondern auch von der Be- und Verarbeitung.

So geht der größte Teil der physiologisch wirksamen Oxalsäure verloren, wenn der Spinat mit reichlich Wasser gekocht oder blanchiert wird (s.Tab. 5). Beim NEU gingen etwa die Hälfte, beim MET mehr als zwei Drittel der löslichen Oxalsäure in das Blanchierwasser über.

Im Tierversuch machte sich dies besonders bemerkbar. So zeigte die Variante MET bl keinerlei Ausfälle, die Sorte NEU bl im Vergleich zu frischem, unbehandeltem Spinat nur ein Drittel der Todesfälle. Nach Mineralstoffergänzung (Ca, P) wurde die Diät gut vertragen.

6.4.3 Ausscheidungsverhältnisse

Von besonderer Bedeutung beim Studium der Wirkung der Oxalsäure ist die Kenntnis der Ausscheidungsverhältnisse.

In vorliegender Arbeit schieden die Ratten nur wenige mg Oxalsäure im Harn aus, die im Verhältnis zur gesamten aufgenommenen Oxalsäuremenge nicht ins Gewicht fielen.

HERKEL/KOCH (1936) fanden von 600-800 mg löslicher Oxalsäure beim gesunden Menschen nur 40 mg, das sind etwa 5 % der zugefügten Menge, im Harn wieder. Die Hauptmenge von 3-4000 mg Gesamtoxalsäure wurde nicht resorbiert, sondern im Kot ausgeschieden.

Die im Harn nachgewiesene Oxalsäure kann sowohl exogener als auch endogener Herkunft sein. Da endogene und exogene Oxalsäure im Organismus nebeneinander vorhanden sind, ist eine Differenzierung schwierig.

Man nimmt an, daß die Oxalsäure im Blut und auch Gewebe als Calciumoxalat gelöst ist und dessen Löslichkeitsprodukt wegen der geringen Konzentration nicht überschritten wird (VOYNAR/BABKIN 1940, zit. bei BRUNE 1955).

Da die Oxalsäure im Blutserum ebenfalls sowohl aus dem intermediären Stoffwechsel, als auch aus der Nahrung stammen kann, wäre hier eine Untersuchung mit markierten Substanzen sinnvoll.

Nur ein Drittel, d.h. durchschnittlich 30 % der aufgenommenen Oxalsäuremenge, wurde im Kot wiedergefunden.

Wasserlösliche Oxalsäure konnte nicht nachgewiesen werden, so daß anzunehmen ist, daß die Oxalsäure im Kot als schwerlösliches Calciumoxalat vorliegt. Da ein erheblicher Anteil

der Gesamtoxalsäure zurückbehalten wurde (ϕ 70 %), ist zu vermuten, daß im Intestinaltrakt der Ratte ein Oxalatabbau, vorzugsweise sogar durch mikrobielle Tätigkeit, vor sich geht.

Auch von der unlöslichen Oxalsäure im Futter wurde nur etwa die Hälfte mit dem Kot ausgeschieden, so daß man auch hier vermuten kann, daß ein erheblicher Anteil im Darm mikrobiell abgebaut worden ist. Ein Beweis dafür dürfte der im Kot erhöhte Anteil von freiem Calcium sein, der nicht mehr an Oxalsäure gebunden ist.

BRUBACHER et al. (1956a, 1956b) und BODUR et al. (1956) stellten in ihren Untersuchungen fest, daß der Säugetierorganismus die Oxalsäure nicht abbauen kann und sehen sie als Stoffwechselendprodukt an. Gewisse Darmbakterien sind aber zu einer Zerlegung der Oxalsäure in Kohlendioxyd und Wasser befähigt, so daß bei Bilanzversuchen zuweilen der Eindruck einer Oxalsäureverbrennung entsteht.

Nach BERNHARD/JUST (1957) unterliegt die bakterielle Zerstörung oral aufgenommener Oxalsäure im Darm bei der Ratte und wahrscheinlich auch beim Menschen starken individuellen Schwankungen. Bei einem vermehrten Abbau ist der zur Resorption gelangende und der Niere zugeführte Anteil nur noch geringfügig und eine Retention von Calciumoxalat unmöglich. Der sterile Rattendarm ist nach ihren Untersuchungen zu einem Oxalsäureabbau nicht befähigt.

SHIRLEY u. SCHMIDT-NIELSEN (1967) kamen ebenfalls zu diesem Schluß auf Grund ihrer umfangreichen Untersuchungen des Oxalatstoffwechsels an der Ratte mit C¹⁴-markierten Substanzen.

Wie anhand der Tabellen 18-34 deutlich wird, ist der Anteil der löslichen Oxalsäure, die allein resorbierbar ist, mit dem der nicht ausgeschiedenen Menge fast identisch.

Die nicht ausgeschiedene Oxalsäuremenge war in einigen Versuchsgruppen (NEU bl rein; MET bl rein; MET bl+Ca,P) bis zu 60 % im Vergleich zur löslichen Oxalsäure im Futter erhöht, d.h., ein erheblicher Anteil von unlöslichem Calciumoxalat müßte im Magen-Darmtrakt gespalten und resorbiert worden sein, wenn die Voraussetzungen - z.B. genügend saurer Magensaft - dafür gegeben waren. Lange Zeit wurde Calciumoxalat als nicht resorbierbar angesehen. Nach neueren Untersuchungen (SHIRLEY/SCHMIDT-NIELSEN 1967) ist die Aufnahme von Ca aus Calciumoxalat bei einigen Nagetieren (u.a. der weißen Ratte) möglich.

Einen geringen Überschuß an freiem Kot-Calcium, im Vergleich zum freien Futter-Calcium, und einen etwas erhöhten Anteil nicht ausgeschiedener freier Oxalsäure verzeichnen - außer den drei oben erwähnten - noch folgende Gruppen:

NEU bl+Ca,P; MET fr rein; MAT A rein; MAT B rein;
MAT B + Ca,P,Methionin.

Die mit dem Kot ausgeschiedene Oxalsäuremenge ist bei NEU fr, MET fr und MAT A gel nach Methioninergänzung doppelt so hoch wie der unlösliche Anteil, so daß anzunehmen ist, daß ein Teil der physiologisch wirksamen Oxalsäure nach Calcium-Entzug ebenfalls als unlösliches Calcium-Oxalat abgegeben wurde.

Betrachtet man die Calcium-Verhältnisse, so fällt auf, daß fast alles Futter-Calcium mit dem Kot ausgeschieden

worden ist. Bei allen Spinatraktionen außer MET bl ohne Calcium, Phosphor-Ergänzung, traten sogar negative Bilanzen auf, d.h. die Oxalsäure wirkte durch Entzug von körpereigenem Calcium entcalcifizierend.

Über den Einfluß des Blanchiervorgangs auf die Ausscheidungsquote von Oxalat können keine eindeutigen Aussagen mangels Vergleichsmöglichkeiten gemacht werden, da die Versuchsgruppe NEU fr nicht ausgewertet werden konnte.

Beim METADOR konnte der Anteil der nicht ausgeschiedenen Oxalsäure von 89 % auf 75 % reduziert werden; dies bestätigt wieder den positiven Effekt des Blanchierens.

Eine allgemein günstige Wirkung auf die Ausscheidung verzeichneten Calcium-, Phosphor-Zulagen. Bis auf die Sorte MAT B gel konnte in allen Fällen die Gesamtoxalsäureausscheidung vermehrt werden.

Durch die ausfällende Wirkung von Calcium ließ sich ein erheblicher Teil der löslichen Oxalsäure unwirksam machen; danach konnte diese nicht mehr durch Entzug von körpereigenem Calcium in den Stoffwechsel eingreifen.

Durch Methioninergänzung wurde der im Kot nachweisbare Gesamtoxalsäuregehalt noch einmal beachtlich gesteigert. Es könnte daraus vermutet werden, daß Methionin durch seinen bekannten allgemeinen Entgiftungseffekt im Organismus auch an der Ausschleusung von Oxalsäure beteiligt ist. Die Ursache dafür kann jedoch aus vorliegenden Analysendaten nicht zwingend abgeleitet werden.

Durch eine Verbesserung des allgemeinen Gesundheitszustandes der Tiere könnte dadurch vielleicht die Giftwirkung der Oxalsäure vermindert werden.

Bis jetzt ist über eine physiologische Wechselwirkung zwischen Methionin und Oxalsäure in der Literatur nichts bekannt.

6.4.4 Einfluß der Oxalsäure auf den Mineralstoffwechsel

Wie bereits mehrfach erwähnt, ist als wesentliche Grundlage der toxischen Eigenschaften der Oxalsäure ihre entcalcifizierende Wirkung anzusehen, die nicht ohne Folgen für den übrigen Mineralstoffhaushalt bleiben kann.

Wird dem Körper Calcium entzogen, so muß anderes Calcium aus dem Knochenskelett mobilisiert werden. Dabei wird gleichzeitig Phosphor freigesetzt und ausgeschieden (da diese beiden Mineralstoffe im Knochengerüst als Hydroxylapatit gespeichert werden).

Calcium und Phosphor liegen bekanntlich in einem bestimmten Verhältnis vor, so daß eine erhöhte Oxalsäurezufuhr sich über den Calcium-Stoffwechsel hinaus auch auf die Phosphor-Retention der Tiere auswirken muß. Insofern wurden sowohl die Calcium- als auch die Phosphor-Bilanzen erfaßt.

Die negativen Retentionswerte in den reinen Versuchsgruppen machen deutlich, daß die vom Körper zugeführte Calcium-Menge dem mit dem Futter aufgenommenen Oxalsäureüberschuß nicht äquivalent war.

Die Calcium-Verluste der Versuchsgruppen NEU bl, MET fr, MAT A und MAT B ohne Ergänzung wurden nach Calcium-Phosphor-Zufuhr ausgeglichen.

Die Calcium-Retentionsquoten des NEU fr und NEU bl wurden durch Methioninergänzung verbessert.

Die Phosphorbilanzen folgten mit geringen Schwankungen der Calcium-Bilanz, wie nicht anders zu erwarten war.

Das intestinale Calcium errechnet sich aus der Differenz des löslichen oder freien Calcium des Futters und des Kotes und steht mit der Calcium-Ausscheidung in den Darm und mit den Verhältnissen der Calcium-Resorption und Ausscheidung im Darm-Körperkreislauf des Calciums in Beziehung. Intestinales Calcium kann endogenen Ursprungs sein oder auch aus bakteriell gespaltenem Calciumoxalat stammen.

Man kann vermuten, daß es zum Oxalsäureabbau im Verdauungstrakt und zur Calciumretention in Beziehung steht.

Betrachtet man die Werte für intestinales Calcium in den Tabellen 18 bis 34, so erkennt man, daß in allen reinen Proben ein intestinales Calcium-Defizit besteht, d.h. im Kot wurde mehr freies Calcium ausgeschieden als im Futter vorhanden war.

Die Ursachen hierfür dürften - wie bereits erwähnt - in einer Spaltung von unlöslichem Calciumoxalat oder einem mikrobiellen Abbau liegen.

Nach HARRISON et al. (1951) findet die Calciumresorption aus dem Darm hauptsächlich im Dünndarm, insbesondere im Ileum statt. Wie an Ratten mit Ca^{45} nachgewiesen wurde,

kann es auch im Dickdarm noch zur Calciumresorption kommen.

Dabei stammt das zur Resorption verfügbare Calcium zum Teil aus zersetztem Calciumoxalat, zum Teil aus dem freien Futtercalcium, sofern dieses nicht zur Fällung der physiologisch wirksamen Oxalsäure während der Verdauungsvorgänge herangezogen wird (BRUNE 1955).

Wie weit das freie, nicht mehr an Oxalsäure gebundene Calcium direkt resorbiert werden und in das intermediäre Stoffwechselgeschehen eingreifen kann, läßt sich nicht mit einfachen Bilanzversuchen feststellen. Dieser Mechanismus ließe sich nur mit markierten Substanzen klären.

In den Versuchsgruppen NEU bl und MET bl wurde das intestinale Calcium durch Calcium-Gaben nicht beeinflusst, da der Anteil an löslicher Oxalsäure in diesen Spinatrationen gering war.

Nach Methioninergänzung konnte für die Intestinal-Calcium-Werte, bis auf MAT B gel, eine deutliche Steigerung erreicht werden.

Dieser Anteil von freiem Calcium steht wahrscheinlich im Darm zur Ausfällung löslicher Oxalsäure bzw. zur Resorption zur Verfügung. Den größten Einfluß hat die Methioninzufuhr auf die frischen Spinatrationen und MAT A gel.

Im Kot wurde also bedeutend weniger freies Calcium ausgeschieden als im Futter vorhanden war, d.h. ein mikrobieller Abbau dürfte nach Methioninzulage reduziert werden.

7. Zusammenfassung

Vier Spinatvarianten verschiedener Provenienz wurden im Stoffwechselversuch in insgesamt 18 Versuchsgruppen mit je 10 Ratten auf ihre Proteinqualität und den Einfluß unerwünschter Inhaltsstoffe - hier der Noxe Oxalsäure - auf Wachstum, N-Ansatz etc. getestet.

Die Futterrationen enthielten neben einer ausgeglichenen Grunddiät als einzigen Proteinträger die Spinatsorten NEUSEELÄNDER (Sommer 1970) unblanchiert (fr) und blanchiert (bl); METADOR (Herbst 1970) unblanchiert und blanchiert; und MATADOR (Frühjahr 1967 u. Herbst 1967), tiefgefroren gelagert.

Da Wechselwirkungen zwischen Eiweißqualität, Calcium-Phosphor-Stoffwechsel und Oxalsäuregehalt bestehen, wurde der Spinat in einzelnen Versuchsgruppen mit Calcium, Phosphor bzw. L-Methionin ergänzt. Die Methioninergänzung erfolgte bis zum Bedarf (0,6 %/Ration) anhand der Aminosäuren-Analyse.

Zur Auswertung wurden Ganzkörper, Leber und Kot auf N, sowie Kot und Harn auf Oxalsäure, Calcium und Phosphor analysiert.

Hinsichtlich der Parameter Wachstum, N-Verdaulichkeit, PER, N-Ansatz, PPW und Calcium-Phosphor-Stoffwechsel ergaben sich wesentliche Unterschiede zwischen blanchiertem und frischem Spinat.

Diese äußerten sich z.T. in letalen Abgängen während des Versuchs nach Verfütterung von unblanchiertem Spinat. Am schlechtesten wurde der unbehandelte NEUSEELÄNDER vertragen

(letale Ausfälle von 100, 40 bzw. 50 % in den drei Gruppen). Ohne Calcium-Phosphor-Methionin-Ergänzung traten Symptome einer Oxalsäurevergiftung auf. Der frische METADOR wurde von den Tieren etwas besser angenommen, da der Oxalsäuregehalt in dieser Variante niedriger war. Bei Verzehr von MATADOR waren keine Ausfälle zu verzeichnen. Die bessere Verträglichkeit der blanchierten Proben ist darauf zurückzuführen, daß beim Blanchierungsvorgang die Noxe Oxalsäure, deren Wirkung man im Spinat oft unterschätzt, zum größten Teil ausgewaschen wird.

So war die Eiweißverwertung stark abhängig vom Oxalsäuregehalt der Ration. Zwar wurden hinsichtlich der Gewichtsentwicklung größere individuelle Reaktionen beobachtet, doch nach Verfütterung von blanchiertem Spinat nahmen die Tiere bedeutend besser zu als nach frischem Spinat.

Ähnlich wie die Gewichtszunahmen verhielten sich die PER-Werte insgesamt.

Die N-Verdaulichkeit war innerhalb der einzelnen Versuchsgruppen gleich.

In den Versuchsgruppen NEU bl, MET bl, aber auch MET fr war ein deutlich positiver N-Ansatz zu registrieren, der N-Gehalt in der Leber blieb jedoch bei allen Versuchsgruppen nahezu konstant.

Der PPW ist ebenfalls stark abhängig von der Verarbeitungsmethode, aber auch von der Sorte des Spinats und der Art der Rationsergänzung.

Eine minderwertige Eiweißausnutzung zeigten die gelagerten Spinatsorten MATADOR A und MATADOR B.

Alle Futterrationen enthielten einen physiologisch bedeutsamen Überschuß an löslichen Oxalsäureverbindungen, der

durch Zufuhr von Calcium-Salzen ausgeglichen werden konnte. Der Anteil der physiologisch wirksamen Oxalsäure wurde durch den Blanchierungsvorgang verringert.

Calcium-Phosphor bzw. Calcium-Phosphor-Methionin-Ergänzungen wirkten sich sowohl bei den frischen als auch blanchierten Spinatvarianten ernährungsphysiologisch günstig aus.

Durch Mineralstoffergänzung ließen sich nicht nur die Calcium-Verluste der Versuchsgruppen bei "Oxalsäureüberschuß" aufheben, die zusätzliche Methioninzufuhr verbesserte auch deutlich die Qualitätsparameter Wachstum, PER, PPW und N-Ansatz.

Insgesamt ließ sich feststellen, daß Methionin nicht nur den Eiweißwert anhebt, sondern auch die toxische Oxalsäurewirkung in den Spinatrationen mildert.

Ergebnisschema

	Le- tali- tät	Ge- wichts- zunahme	PER	N- Ansatz (Ges.- Körper)	N- Ansatz (Leber)	N- verd.	PPW	Ca-P Stoff- wechsel
NEU fr	100 %							
NEU fr + Ca, P	40 %							+
NEU fr + Ca, P, Meth.	50 %							+
NEU bl	30 %							-
NEU bl + Ca, P	0	+	+	+	+		+	+
NEU bl + Ca, P, Meth.	0	+	+	+	+		+	+
MET fr	10 %					Unterschied		-(+)*
MET fr + Ca, P	0	+	+	+	+		+	+
MET fr + Ca, P, Meth.	0	+	+	+	+		+	+
MET bl	0	+	+	+	+	Unterschied	+	+
MET bl + Ca, P	0	+	+	+	+		+	+
MET bl + Ca, P, Meth.	0	+	+	+	+		+	+
MAT A gel	0	+	-	-	+	keine großen	-	-
MAT A gel + Ca, P	0	-	-	+	+		+	+
MAT A gel + Ca, P, Meth.	0	-	+	+	+		+	+
MAT B gel	0	-	-	-	+	keine	-	-
MAT B gel + Ca, P	0	-	-	-	+		-	+(+)*
MAT B gel + Ca, P, Meth.	0	-	-	-	+		-	+

*) Phosphorbilanz

Gewichtszunahme und Proteinverzehr während der 10tägigen Versuchsdauer

I. NEUSEELÄNDER frisch:

Versuchs- gruppe	NEU fr rein		NEU fr + Ca,P		NEU fr + Ca,P,Meth.	
	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)
Tier Nr.						
0	+	-	+	-	- 8,6	2,56
1	+	-	+	-	+	-
2	+	-	- 5,9	2,79	+	-
3	+	-	- 7,3	2,67	+	-
4	+	-	+	+	+	-
5	+	-	+	-	- 8,7	2,56
6	+	-	- 5,4	2,19	+	-
7	+	-	- 10,5	2,84	- 8,0	3,01
8	+	-	- 8,6	2,35	- 5,0	3,27
9	+	-	- 4,2	2,78	- 4,1	3,19

+ Exitus

- sehr gering

II. NEUSEELÄNDER blanchiert:

Versuchs- gruppe	NEU bl rein		NEU bl + Ca,P		NEU bl +Ca,P,Meth.	
	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)
Tier Nr.						
0	- 6,4	2,64	1,4	3,92	6,4	4,38
1	+	1,63	- 1,3	3,24	8,4	4,14
2	- 2,8	3,35	- 0,6	3,84	1,9	3,92
3	- 5,7	2,04	3,1	3,83	4,4	3,85
4	0	2,94	- 0,5	3,44	7,9	3,97
5	+	2,03	2,0	4,25	4,7	4,35
6	- 3,3	3,05	2,1	4,03	7,1	4,37
7	- 2,1	3,45	0,5	3,37	8,9	4,13
8	- 3,1	3,36	2,0	4,20	3,6	4,42
9	+	2,75	2,4	4,79	7,6	5,20
$\bar{x}$			1,11	3,89	6,09	4,27
s			+ 1,49	+ 0,47	+ 2,34	+ 0,38

III. METADOR frisch:

Versuchs- gruppe	MET fr rein		MET fr + Ca, P		MET fr +Ca, P, Meth.	
	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)
Tier Nr.						
0	- 1,6	2,78	- 0,6	3,26	- 2,5	3,72
1	1,0	2,89	0,2	3,52	- 1,5	3,41
2	- 6,2	2,68	- 2,2	3,21	- 2,3	3,52
3	- 3,5	2,47	1,7	3,52	4,8	3,87
4	2,5	2,89	0,7	3,15	3,4	3,61
5	- 4,4	2,89	1,8	3,10	0,1	3,81
6	+	1,39	- 1,4	2,79	- 1,6	3,40
7	- 6,5	2,89	2,6	4,08	4,5	3,20
8	- 1,9	3,45	- 2,3	3,52	1,1	4,02
9	- 8,1	3,14	1,0	3,41	0,6	3,53
$\bar{x}$			0,15	3,36	0,66	3,61
s			$\pm 1,65$	$\pm 0,34$	$\pm 2,75$	$\pm 0,29$

iv. NECADOR blanchiert:

Versuchs- gruppe	Tier Nr.	MET bl rein		MET bl + Ca, P		MET bl +Ca, P, Meth.	
		Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)
0		- 1,2	3,23	3,1	4,51	6,9	4,40
1		3,0	3,59	- 2,2	3,18	2,2	3,54
2		3,3	3,69	2,7	3,63	- 0,1	3,64
3		5,9	3,79	5,7	3,78	- 0,4	3,48
4		4,6	3,90	0,8	3,78	7,2	4,21
5		3,8	3,74	3,5	3,89	- 5,1	3,13
6		5,1	3,73	1,5	3,99	3,7	3,64
7		- 0,8	3,12	0,3	3,58	3,8	4,25
8		2,8	4,03	6,6	4,45	4,1	3,85
9		- 0,1	3,84	6,3	4,75	- 2,6	3,48
Σ		2,64	3,67	2,83	3,95	1,97	3,76
s		± 2,51	± 0,28	± 2,84	± 0,48	± 4,00	± 0,41

VI. MATADOR B gelagert:

Versuchs- gruppe	MAT B gel rein		MAT B gel +Ca,P		MAT B gel +Ca,P,Meth.	
	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)	Zunahme (g)	Protein- verzehr (g)
0	- 4,1	1,43	3,0	3,84	- 1,8	3,12
1	- 14,4	1,90	- 1,9	2,75	- 0,4	3,94
2	- 3,9	3,01	- 4,4	2,56	- 4,6	2,71
3	- 5,5	2,35	- 0,4	2,91	- 2,4	2,76
4	- 3,7	2,92	- 1,9	3,11	- 1,1	3,68
5	- 9,9	2,20	- 0,3	3,73	- 4,7	2,86
6	- 5,3	2,56	3,4	3,47	- 4,1	2,92
7	- 8,3	2,10	1,5	3,11	- 4,1	3,23
8	- 3,0	3,01	- 7,3	3,11	5,1	4,14
9	- 5,5	2,40	- 5,2	2,86	2,3	3,42
$\bar{x}$	- 6,35	2,39	- 1,35	3,15	- 1,58	3,28
s	$\pm$ 3,54	$\pm$ 0,51	$\pm$ 3,52	$\pm$ 0,42	$\pm$ 3,23	$\pm$ 0,50

Literaturverzeichnis

- ACKERMANN, H. (1958): Arch. Gartenbau 6, 404
- ALTEN, F., E. RAUTENBERG und E. KNIPPENBERG (1938):
Bodenk. u. Pflanzenernähr. 8, 335
- BALAZS, J. (1934): Samml. Vergiftungsfälle 5C 31 u. 5A 79
- BALKS, R. und I. REEKERS (1960): Landw. Forschung 13, 134
- BECKER, M. (1962): Diss. Berlin
- BECKER, M. (1964): Arch. Gartenbau 12, 539
- BENGTSSON, B.L., I. BOSUND und B. HYLMÖ (1966):
Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 115, 192
- BERGH VAN DEN, L. (1961): Food Technol. 15, 434
- BERNHARD, K. und M. JUST (1957): Hoppe Seyler's Z. physiol.
Chemie 308, 265
- BLOCK, R.J. and H.H. MITCHELL (1946): Nutrit.Abstr.Rev.
16, 249
- BOCK, H.-D., K. NEHRING, R. SCHIEMANN, F. HOVORKA,
F. HORSZCZARUK und L. ANGELOWA (1964):
Arch. f. Tierernähr. 14, 13
- BODUR, H., M. JUST und K. BERNHARD (1956): Hoppe Seyler's
Z. Physiol. Chemie 306, 120
- BORCHERT, E. (1965): Diss. Gießen
- BRUBACHER, G., M. JUST, H. BODUR und K. BERNHARD (1956a):
Hoppe Seyler's Z. physiol. Chemie 304, 173
- BRUBACHER, G., M. JUST, H. BODUR und K. BERNHARD (1956b):
Hoppe Seyler's Z. physiol. Chemie 305, 248
- BRUNE, H. (1955): Z.f. Tierernähr. und Futtermittelkunde
10, 102, 147
- BRUNE, H. (1963): Ergebnisse d. landw. Forschg. an der
Justus Liebig-Universität Gießen V, 29
- BRUNE, H. (1969): Qual. Plant. et Mater. Vegetabiles
18, 134
- BRUNE, H. und J. DUNKENBERGER (1970): Z.f.Tierphysiol.,
Tierernähr. und Futtermittelk. 26, 222

- CLEMENS, E. (1961): Arch. Tierernähr. 11, 100
- DÖRR, W. (1968): Diss. Gießen
- DUNKENBERGER, J. (unveröffentl.): modifiziert nach
PAPENDICK (1955) Z.f.Landw. Forschung 7, 130
(1954/55)
- EICHHOLZ, F. (1951): Lehrb. d. Pharmakologie, 424 ff.
Springer Verlag
- EHRENDORFER, K. (1964): Die Bodenkultur 15, 105
- EHRENDORFER, K. (1966): Tagungsbericht Nr. 85
Dtsch. Akad. Landw. Wiss. Berlin, 101
- FINK, H. und E. HEROLD (1957): Z.f. phy. Chemie 307, 202
- GORTNER, W.A., F.S. ERDMAN and N.K. MASTERMAN (1948):
Principles of food freezing, New York:John
Wiley & Sons, Inc.
- HARRISON, H.E. and H.C. HARRISON (1951): J.biol. Chemistry
188, 83
- HERKEL, W. und K. KOCH (1936): Dtsch. Arch. Klin. Med.
178, 511
- HERMANN, K. (1967): Ernährungs-Umschau 14, 367
- HERMANN, K. (1968): Ind. Obst- und Gemüseverwert., 55, 57
- HOCK, A. und H. LEHMANN (1968): Arch. Tierernährung 18, 205
- KIECKEBUSCH u. K. LANG (1964): Z.f.Ernährungswissenschaft
4, 262
- KITCHEN, J.W. and E.E. BURNS (1965): J. Food Sci. 30, 589
- KOHMANN, E.F. (1939): Chem. Zbl. II, 3717
- KNAUER, N. und C. SIMON (1968): Z.f.Acker- und Pflanzen-
bau 128, 197
- KOSSMAG, F. (1954): Dtsch. tierärztl. Wschr. 51, 106
- KÜBLER, W. (1959): Qualitas Plantarum et Materiae
Vegetabiles 2, 297

- LANG, K. und O. RANKE (1950): Lehrbuch der Physiologie, Band Stoffwechsel und Ernährung, 177
- LENKEIT, W. und M. BECKER (1949): Praktikum der Ernährungsphysiologie der Haustiere, Göttingen Vandenhoeck & Ruprecht
- LÖW, O.: Biochem. Zeitschr. 38, 226
- MACKENZIE, C.G. and E.V. McCOLLUM (1937): Am. J. Hyg. 25, 1
- MÜLLER, R. (1960): Arch. f. Tierernährung 10, 321
- MÜLLER, R. (1964): Z.f. Tierphy., Tierernäh. und Futtermittelkunde 19, 305
- MUNK, H. (1965): Die Phosphorsäure 25, 250
- NEHRING, K. (1964): Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde, Neumann Verlag, Radebeul u. Berlin
- OSBORNE, T.B., L.B. MENDEL and E.L. FERRY (1919): J. biol. Chemistry 32, 369
- OSER, B.L. (1951): J. Amer. Dietet. Assoc. 27, 396
- PRAUSNITZ (1939): Chemiker Zeitung 63, 185
- RICHTER, E. und S. HANDKE (1969): Z.f. Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung 141, 275
- SHIRLEY, E.K. and K. SCHMIDT-NIELSEN (1967): J. of Nutr. 21, 496
- SIMON, C. (1966): Med. und Ernährung 7, 262
- SIMON, C., H. KAY und G. MROWETZ (1966): Arch. Kinderheilk. 175, 42
- SOUCI, S.W., W. FACHMANN und H. KRAUT (1962): Die Zusammensetzung der Lebensmittel Nährwert-Tabellen. Stuttgart
- SCHALLER, A. (1962): Die Kälte 15, 187
- SCHARRER, K. und J. JUNG (1953): Landw. Forschung 5, 191
- SCHILLER, K. und E. OCIO (1963): Z.f. Tierphy., Tierernäh. und Futtermittelkunde 18, 166

- SCHMIDT-NIELSEN, B. and K. SCHMIDT-NIELSEN (1944):
Nordisk Medicin 23, III, 1463
- SCHORMÜLLER, J. (1966): Die Ernährung der Lebensmittel,
Stuttgart Ferdinand Enke
- SCHUPHAN, W. (1958/59): Qualitas Plantarum et Materiae
Vegetabiles 5, 1
- SCHUPHAN, W. (1960): 14. Sonderh. Landwirtschaftl.
Forsch. 114
- SCHUPHAN, W. (1961): Qual. Plant. et Mater. Vegetabiles
8, 261
- SCHUPHAN, W. (1965): Landw. Forschung, Sonderheft, 19, 195
- SCHUPHAN, W. (1971): Ernährungs-Umschau, 18, 148
- SCHUPHAN, W. und H. SCHLOTTMANN (1965): Z.f. Lebensmittel-
Unters. und -Forschung 128, 71
- TAMURA, B., H. BABA, A. TAMURA and Y. OBATA (1959):
J. of Nutr. (Japan) 17, 77
- THIER, H.-P. (1967): Naturwiss. Rdsch. 20, 525
- THIER, E. und H. BRUNE (1968): Z.f. Tierphy., Tierernäh.
und Futtermittelkunde 24, 209
- VOYNAR, A. und M. BABKIN (1940): Biochem. Ztschr. 16,
81, 108
- WALZ, O.-P. (1971): 24. Vortragstagung in Gießen,
Ztsch. f. Tierphysiologie
- WALZ, O.-P. (1972): 26. Vortragstagung der Gesellschaft
für Ernährungsphysiologie der Haustiere in
München.
- WALZ, O.-P. and J. FORD (im Druck)

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. Brune, möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas und die immerwährende wissenschaftliche und finanzielle Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit danken.

Ebenso möchte ich Herrn Professor Dr.Dr.H. Linser, Institut für Pflanzenernährung, für die Überlassung der Instituts-einrichtung zur Durchführung der Aminosäureanalyse und der Gefriertrocknung meinen Dank aussprechen.

Auch den Mitarbeitern des Instituts für Tierernährung danke ich für die bereitwillig gewährte Unterstützung während der experimentellen Versuchsdurchführung.

Für die Gewährung von Sachmitteln zur Durchführung dieses Forschungsvorhabens sei der Deutschen Forschungsgemeinschaft besonders gedankt.

Lebenslauf

- 19.3.1937 - Geboren als Tochter des Uhren-Modell-Entwerfers Yoshizo Ando und dessen Ehefrau Itsuko, geb. Sasaki in Tokyo, Japan.
- 1943 - 1949 - Besuch der Volksschule Tokyo, Japan
- 1949 - 1952 - Middle School Akita, Japan, mit Abschlußprüfung.
- 1952 - 1955 - High School (Naturwiss.) Akita, Japan, mit Abschlußprüfung
- 1957 - 1959 - Studium der Hauswirtschaftswissenschaften an dem "Home Economics Department of Junior College" in Akita, Japan
- 15.3.1959 - Abschlußdiplom und Allgemeine Lehrbefähigung (II) für Lehrer an "Middle School"
- Ab August 1959 - Weiterstudium in Deutschland
- 1.10.1959-
31.3.1961 - Praktikantin im Krankenhaus Wuppertal und in der Hauswirtschaftsschule Remagen
- 1961 - 1963 - Ausbildung zur staatl. anerkannten Diätassistentin an der Diätfachschule in Köln
- 27.3.1963 - Staatsexamen als Diätassistentin
- 7.5.1963-
28.2.1964 - Angestellte als Diätassistentin an der städt. Kurverwaltung in Bad Neuenahr
- WS 1964-
WS 1969 - Studium der Ernährungswissenschaften an der Justus Liebig-Universität, Gießen
- 24.4.1969 - Prüfung zum Dipl.oec.troph.
- Ab 1.6.1969 - Doktorand am Institut für Tierernährung der Justus Liebig-Universität in Gießen, Fachrichtung experimentelle Ernährungsphysiologie.
- Ab 1.10.1972 - Wissenschaftliche Angestellte am Institut für Tierzucht und Haustiergenetik, Milchwirtschaftl. Abteilung der Justus Liebig-Universität.

FOTO-DRUCK LENZ · 63 Gießen · Riegelpfad 32/Ecke Ludwigstraße
Telefon 0641 - 77449